Fisheries and Oceans Canada
Pêches et Océans Canada

The Future of Aquatic Science in Canada (Freshwater Emphasis)

Bob Beecher and Evan Thomas

for
Fisheries and Oceans Canada
Central and Arctic Region
867 Lakeshore Road
Burlington, Ontario
L7R 4A6

2003

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2475

Canada

104-01177/

Canadian Technical Report of
Fisheries and Aquatic Sciences 2475

2003

The Future of Aquatic Science in Canada (Freshwater Emphasis)

Bob Beecher and Evan Thomas

for
Fisheries and Oceans Canada
Central & Arctic Region
867 Lakeshore Road
Burlington, Ontario
L7R 4A6

Address correspondence to:
John Cooley
Regional Science Director
At the above address.

©Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2003

Cat. No. FS 97-6/2475E

ISSN 0706-6457

MPO/2003-220

Correct citation for this publication:

Beecher, B. and Thomas, E. 2003. The Future of Aquatic Science in Canada (Freshwater Emphasis). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci . 2475 iv + 28p.

Ce rapport est également disponible en français

ABSTRACT

Beecher, B., and E. Thomas. 2003. The Future of Aquatic Science in Canada (Freshwater Emphasis). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2475: iv + 28p.

The purpose of this paper is to stimulate informed thinking in an effort to forecast the future of freshwater fisheries and aquatic sciences in Canada. It served as a discussion paper at a national aquatic science futures workshop, which consolidated views of the Canadian science community with regard to what changes will be needed in freshwater science generally, and particularly, in DFO science over the next two decades. Current and past strategies for conservation and management of Canada's aquatic resources by key stakeholders may not be effective in 2020. This document identifies jurisdictional and legal mandates and the array of issues and drivers of Canada's freshwater aquatic sciences for the next two decades. By contrasting the freshwater demands seen today and expected twenty years ahead, the gaps and hence, program shortfalls are clearly identified and can reveal the shifts in focus that will be required. Recommendations include both the addition of major new areas of freshwater science, and continued commitment to and strengthening of areas of aquatic science which are currently part of the science program at Fisheries and Oceans Canada (DFO). The highlights include further acknowledgement of the importance of collaboration and partnering, effective communications, and information management as well as the need for multi-disciplinary teams that increasingly involve the social sciences

[The authors prepared this report under contract to the Department of Fisheries and Oceans]

RÉSUMÉ

Beecher, B., and E. Thomas. 2003. The Future of Aquatic Science in Canada (Freshwater Emphasis). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2475: iv + 28p.

Ce texte vise à stimuler la réflexion pour prévoir l'avenir des sciences halieutiques et aquatiques d'eau douce au Canada. Il a servi de document de travail lors d'un atelier national sur l'avenir des sciences aquatiques, où l'on a rassemblé les idées de la communauté scientifique canadienne en ce qui concerne les changements qui devront être apportés à la recherche sur les eaux douces, en particulier celle menée par le MPO, durant les deux prochaines décennies. Les stratégies actuelles et passées mises en œuvre par les principaux intervenants pour gérer et conserver les ressources aquatiques du Canada pourraient ne plus être efficaces en 2020. Dans ce document, nous identifions les mandats des diverses instances responsables de la recherche sur les eaux douces ainsi que des enjeux et facteurs qui la détermineront au cours des deux prochaines décennies. En comparant la demande actuelle en matière de recherche sur les eaux douces et celle prévue dans vingt ans, nous relevons clairement les lacunes des programmes et mettons ainsi en évidence les réorientations qui seront nécessaires. Nous recommandons notamment de renforcer la recherche dans les domaines des sciences aquatiques qui font déjà partie du programme scientifique du MPO et d'y ajouter d'importants nouveaux domaines liés aux eaux douces. En outre, nous reconnaissons l'importance de la collaboration et du partenariat, des communications efficaces et de la gestion de l'information, ainsi que la nécessité d'équipes multidisciplinaires, qui devront de plus en plus comprendre des spécialistes des sciences sociales.

[Les auteurs ont préparé ce rapport sous contrat au Ministère de Pêches et Oceans]

Table of Contents

Abstract iii
Resumé iii
1.0 Introduction 1
2.0 Background 1
2.1 Importance of Canada's Freshwater Aquatic Resources 1
2.2 Scope and Role of Science 1
3.0 Freshwater Jurisdiction & Legal Mandate 2
4.0 Anticipated Conditions/Expectations for Freshwater Aquatic Science in 2020 2
4.1 Human Population Demands 3
4.1.1 Demographic Change 3
4.1.2 Economic Development 4
4.1.2.1 Urban Development 4
4.1.2.2 Hydroelectric Power Generation 4
4.1.2.3 Agriculture 4
4.1.2.4 Aquaculture 4
4.1.2.5 Transportation and Navigation 5
4.1.2.6 Other Resource Development 5
4.2 Priority on the Environment and its Sustainability 5
4.2.1 Environmental Risks to Human Health 5
4.2.2 Competing Demands for Water 6
4.2.3 Conservation of Natural Biodiversity 6
4.2.3.1 Aquatic Biodiversity in Canada 6
4.2.3.2 Species at Risk 6
4.2.3.3 Ecosystem Approach 7
4.2.3.4 Fisheries Act and Fish Habitat Protection 7
4.2.3.5 Invasive Species 8
4.2.4 Climate Change Impacts 8
4.3 Rapid Technological Advances 9
4.4 Governance and Accountability 10
4.4.1 Partnerships 11
4.4.2 Scientific Expertise, Recruitment and Career Development 12
5.0 Science Needs and Expectations for 2020 12
5.1 Using an Ecosystem Approach 12
5.2 Freshwater Aquatic Populations and Habitats 14
5.3 Freshwater Species 15
5.4 Information Management and New Technologies 15
5.5 Socio-Economic Understanding 16
5.6 Hydrography 17
5.7 Scientific Collaboration and Approaches 17
6.0 Aquatic Science Shifts by 2020 18
7.0 Acknowledgements 21
8.0 List of References 22
9.0 Appendices 24

1.0 Introduction

Conservation and management of aquatic resources in Canada involves a wide array of government agencies and stakeholder organizations. As environmental, social and economic changes occur with ever increasing frequency these organizations are all required to re-evaluate and adjust their activities to address emerging realities. It is important that these adjustments be made within the context of an informed long-range view of the future, and that changes occur as proactively as possible.

The purpose of this paper is to stimulate informed thinking in an effort to forecast the future of freshwater fisheries and aquatic sciences in Canada in 2020 as it relates to the long term needs of Canadians and to the future programs of Fisheries and Oceans Canada (DFO). DFO recently set out its scientific strategy for the near term (5 years) in its *Scientific Strategic Plan* (2000). This paper is intended to look further out to anticipate the specific drivers of freshwater aquatic science over a longer timeframe and consider DFO's roles in a broader context. This was done in preparation for a national aquatic science futures workshop, which was held in May 2003.

First, the major drivers, or anticipated conditions, of what the Canadian public will expect of freshwater aquatic sciences in 20 years are identified. Some are consequences of environmental change and some of societal change, with the two frequently intertwined. These drivers determine the kinds of science support society will demand, and these demands, in turn, determine the things that freshwater fisheries and aquatic sciences will have to address in 20 years. Contrasting these needs in 20 years with what is done now will reveal the shifts in focus that will be required.

2.0 Background

2.1 Importance of Canada's Freshwater Aquatic Resources

Canada's freshwater resources are fundamental to the overall health of the environment and to the quality of life in this nation. In addition to providing for the most basic needs such as drinking water, they provide habitat for aquatic communities, food, social and ceremonial use by aboriginal people, transportation, hydropower, recreation, and processing water for society.

Freshwater fisheries resources are important in Canada. Recreational fishing involves about 20% of the population, and results in expenditures of several billion dollars annually, primarily in relation to freshwater activity. As well, freshwater fish are harvested commercially, with the Great Lakes boasting the world's largest freshwater commercial fishery. Freshwater fisheries also play a significant nutritional and cultural role in the lives of many aboriginal people. Canada's growing aquaculture industry generates millions of dollars in sales and they are increasing. Entire communities depend on fisheries for their economic and social wellbeing. Clearly, Canada's freshwater fisheries resources continue to play a significant role in shaping the nature of many parts of this nation.

Canadians also spend billions of dollars on recreational boating, and the country's economy relies heavily on commercial shipping, another growing industry.

2.2 Scope and Role of Science

Canada contains hundreds of thousands of inland waterbodies (approximately 8% of its total area), with countless thousands of kilometres of freshwater lake and river shorelines. DFO's mandate requires knowledge of freshwater fisheries resources, aquatic environments, navigation, and ways to ensure the sustainability of fishes suitable for human consumption.

DFO's freshwater clients are as diverse as recreational anglers; the commercial fishing industry; aboriginal people drawing subsistence from and expressing their heritage in aquatic ecosystems; shipping and recreational boating, aquaculture, and tourism industries; industries such as energy exploration and development, forestry, mining and agriculture that may affect the quality of aquatic habitats; environmental organizations; and citizens concerned about Canada's natural resources and how they are used.

Science can generally be considered to be systematic and formulated knowledge, in this case pertaining to freshwater ecosystems and fisheries resources. The Canadian government's vision for science and technology (Appendix 1) states that "*The federal government's science and technology efforts will identify emerging issues that matter to Canadians, and refocus in response to changing needs in areas such as health and safety, public security, natural resources and the environment, and the growth of the knowledge economy.*" Canada's Council of Science and Technology Advisors (CSTA) identifies the four roles of government-performed science and technology (Appendix 1), insisting that Departments and agencies should be performing only science and technology that is needed to support the minister's mandate and cannot be obtained more effectively from other sources. For freshwater science in Canada, DFO acknowledges all of these roles for government, as reflected in its *Vision Statement*, *Strategic Plan*, and mix of programs.

3.0 Freshwater Jurisdiction & Legal Mandate

The first step in predicting the future of freshwater science as it relates to DFO and its key partners is to consider current commitments in law, agreements and policy. DFO's legislated responsibilities include protection and conservation of Canada's fisheries and fish habitat (Section 91(12) of the *Constitution Act*, 1982, and the *Fisheries Act*), pollution protection (*Fisheries Act, Shipping Act*), and many aspects of safe navigation (*Navigable Waters Protection Act, Oceans Act*). Sections 36 to 42 of the *Fisheries Act* (aspects dealing with control of pollutants affecting fish) are administered by Environment Canada, with DFO cooperation in establishment of federal priorities for protection of fish and their habitats from deleterious substances. DFO's activities are also guided by Acts such as the *Canadian Environmental Assessment Act*, the *Species at Risk Act, and the Pest Control Products Act*, where other Departments may have an overall lead, but DFO has key roles with respect to freshwater ecosystems. DFO also has legal responsibilities under aboriginal land claim settlements related to fresh water and fish.

Despite significant delegation of fisheries management administration to provinces, the federal government remains responsible and accountable for all aspects of the *Fisheries Act* in fresh water.

Environment Canada also plays a significant role in protecting the health of freshwater ecosystems in Canada with responsibilities as outlined in the *Canadian Environmental Protection Act* (*CEPA*) (Part 3, Sections 43, 44, 46, etc.). In addition, as lead for coordinating Canada's Canada – U.S. *Great Lakes Water Quality Agreement* (*GLWQA*) contributions and related programs, Environment Canada counts on DFO as a key partner in the Federal Great Lakes Program (GLP). Moreover, DFO is also a signatory, along with Environment Canada, to the *Canada – Ontario Agreement respecting the Great Lakes Basin Ecosystem (COA)*, a key instrument for supporting domestic commitments to the *GLWQA*.

DFO's legislated responsibilities are accompanied by a suite of fundamental departmental policies and strategies, along with significant commitments to bi-lateral and multi-lateral treaties, agreements, and instruments (Appendix 2).

While DFO's mandate relates to activities stemming from the federal constitutional responsibility to protect Canada's fisheries and fish habitat, that mandate must be interpreted broadly in light of the need to take an ecosystem approach to conservation. The expansion of the fish habitat protection program in freshwater areas and new responsibilities with respect to species at risk clearly require a broad view of DFO's freshwater science.

4.0 Anticipated Conditions/Expectations for Freshwater Aquatic Science in 2020

Drivers influencing freshwater fisheries and aquatic sciences in 2020 will be defined by existing conditions at that time and the resulting expectations of society for government leadership and action. Effective management decision-making will continue to be based on high quality science. Significantly increased public interest in, and concern for the health of fisheries and the environment in recent years is expected to further amplify in coming decades. Science will be needed to support DFO's mandated responsibilities (e.g., fish habitat protection, environmental assessment, fishery management, charting, etc.) and specifically for research/modeling/analysis, monitoring and provision of advice. Such advice

must often be provided in the absence of definitive information (i.e., risk management), and in the absence of a clear understanding of the full range of cumulative effects.

4.1 Human Population Demands

4.1.1 Demographic Change

By 2020, human demographics will be having an even greater impact on freshwater resources than they did at the turn of the century. Canada's population in 2021 is projected to be 35.4 million, an increase of 14% from 31 million in 2000. This population growth will be largely dependent on immigration, not births, making Canada the most ethnically diverse nation in the world. Canada's ageing population will see over 40% of Canadians over 50 years old then, compared with just 29% in 2000. This will affect uses of resources, economic conditions, tax revenues, and the available scientific workforce.

Urbanization will have continued, and over 80% of Canadians will live in non-rural areas. This will concentrate development pressures in specific high-density locations such as southern Ontario, Vancouver, Montreal, the National Capital Region, and the Calgary-Edmonton corridor, along with many others. The fastest growth rate will actually occur in the territories, as improved access and economic opportunity moves people north, although actual numbers will still be relatively small.

The overall growth in population will have further intensified the need to protect aquatic resources from development activities, including residential and industrial development, highway construction, and recreational developments (e.g., golf courses, ski hills). Population growth will have also increased harvesting pressures on wild stocks. Moreover, a wealthier world will see Canada as a place to come to experience nature and go fishing. Arctic and sub-arctic lakes and rivers, in particular, will receive a level of fishing that will be difficult to manage. However, people will pay for the opportunity to come to Canada to be part of an environment that will have been lost in their home location. Significant new regulatory controls on effort and catch will be required (recreational, commercial, subsistence fisheries).

Following declines in recreational fishing participation during the 1990s, interest will increase as a result of focused promotional efforts. Participation will be higher, particularly in urban settings where extensive programs will have been implemented to attract youth and immigrants to this activity. As the Canadian population ages and more people move into retirement, interest and participation in recreational fishing can also be expected to increase. As well, increased interest in enhanced fish production will have developed, similar to such enhancement practices now regularly used in agriculture and forestry. Recreational fisheries in urban areas will have been targeted for enhanced production in order to meet demands of expanding public interest and tourism.

Economic and environmental arguments will have shifted freshwater fishing activities increasingly away from commercial to recreational, particularly for popular sport species such as walleye and lake trout. It is expected that aquaculture production will serve to fill a substantial portion of the growing demand for fish to eat. Opportunities will be available and promoted to harvest abundant populations of invasive species as alternatives to diminished native stocks. These will provide non-traditional sources of fish protein that will be readily accepted by members of expanding ethnic populations who are familiar with some of these species, and by others due to innovative marketing techniques.

Recreational boating will continue to expand due to population growth and extensive promotion of the activity. As a result of this interest, demand for interactive electronic navigation aids and accurate paper charts will increase. With the growth in boating activity will have come wide-spread public concern regarding impacts from wakes and general disruption to aquatic habitats and species. Outboard motors will be increasingly more fuel efficient and environmentally acceptable due to rigid new regulations and the advent of new technologies. However, due to the overall level of activity, regular monitoring of boating-related pollutants and physical disturbance will have to be carried out.

Increased demand for cottage development will place additional pressure on relatively "pristine" environments as well as on those under a variety of existing stresses. The challenge will be to maintain the health of these ecosystems, along with their associated social and economic values (aesthetics, tourism and property values). Moreover, the ecotourism industry will have grown significantly, based on the activities of an ageing population and their interest in educational vacations focused on learning

about their natural world. With this activity will come the need to assess impacts of increased access and associated disturbance, particularly in sensitive northern environments.

4.1.2 Economic Development

New or expanded economic development activities underway by 2020 will have significant implications to Canada's freshwater resources. Sound scientific information will be required if they are to be carried out in an environmentally sustainable manner, and in compliance with the regulatory framework. The most significant development activities with respect to fresh water are described below.

4.1.2.1 Urban Development

Increased construction of residential and industrial buildings, roads, and waste treatment facilities will be taking place as Canada's population continues to grow, particularly in large urban centres. Urban sprawl will continue with much of the population commuting long distances to work places, or working remotely in home offices as part of the well-emerged information era. Treated sewage discharge volumes (with hormone disrupting contaminants, pharmaceuticals, and nutrients) will increase correspondingly in focused geographic areas.

4.1.2.2 Hydroelectric Power Generation

Expanding need for power will continue to tax existing facilities and "clean" electricity alternatives will be sought, consistent with federal and provincial commitments to Kyoto targets. As a result of shutdowns of major coal-burning facilities, and only modest growth in alternative technologies such as wind, solar and nuclear power, hydroelectric power will continue to be the primary Canadian electricity solution. Economic opportunities presented by lucrative U.S. markets will also drive this interest. Canadian hydroelectric generation currently represents about 65% of its assessed economic potential of 523 TWh/year. The main alternative energy solution will be hydrogen fuel cell technology. Between 2015 and 2020 it will undergo an extraordinary expansion in use, primarily by the automotive industry. It will drive what will become the "hydrogen economy," seen as a replacement to the carbon based oil industry. While production of hydrogen from water by electrolysis will continue to require significant amounts of electricity, substantial declines in the burning of fossil fuels will be realized.

4.1.2.3 Agriculture

Global and Canadian population increases will have driven demand for a wide variety of food products and associated agricultural activity. Global warming will have resulted in increasingly frequent droughts and establishment of arid regions in parts of Canada and the U.S., while productive growing seasons in some areas will have expanded. Intensive agriculture will be practiced on the most fertile lands. Critical needs for agricultural irrigation will have placed significant demands on freshwater resources. Increased nutrient inputs and physical impacts to watersheds will have resulted from expanded production of food crops, despite marked progress on "green" farming and environmental farm plans. Climate change in marginal areas for current crops will drive major changes in types of crops grown in extensive areas of Canada. Widespread conversion from grain crops to feed lots, particularly for hogs, will have occurred throughout the prairies. Use of an expanding array of herbicides and pesticides will have continued to create concerns for health of natural watercourses.

4.1.2.4 Aquaculture

The need for wholesome food and significant economic and employment opportunities, coupled with a general decline in commercially harvested wild freshwater stocks, will have resulted in the continued expansion of aquaculture in Canada. Currently, water farming and aquafeeds are the two fastest growing production systems on the planet and by 2020 this will have continued at an unprecedented rate. Public concern regarding introduced species, local habitat degradation and risk of disease will have declined as science-based protocols and guidelines have been adopted. However, given the expanding economic magnitude of the industry, which will now have far surpassed freshwater commercial fish landings, the need for careful monitoring and adaptation will continue. Aquatic animal health issues will have increased in prominence, and environmental perturbations due to invasive species and climate change will result in increased risk of new diseases (previously undetected). The variety of species raised, and their numbers, will continue to increase, requiring continued assessment of risks regarding species, genetic composition, pathogens and impact on aquatic ecosystems.

4.1.2.5 Transportation and Navigation

The shipping industry will have continued to grow, particularly on the Great Lakes and St. Lawrence River. As demand for cheap bulk transportation continues, renewed interest by the U.S. government and the shipping industry will have focused on increasing the minimum depth for navigation on the Great Lakes (from 27 to 35 feet), allowing larger vessels with even greater cost advantages. This would, however, create environmental challenges due to risks of sedimentation, release of contaminants, ballast water (exotics), and hydrologic disturbances. The shipping industry will require precise and "real time" electronic navigation aids to allow safe passage in light of regular water level fluctuations on the Great Lakes, driven increasingly by global warming effects.

Global warming is expected to have allowed an expansion in shipping to the Port of Churchill on Hudson Bay, and an opening of a Northwest Passage shipping route for several months of the year. Risks to freshwater (and marine) ecosystems created by this will include introductions of invasive species through ballast water, spills of high risk cargoes (toxic substances, petrochemicals), and physical disturbances by ships. Improved access to the Port of Churchill will increase development of the north – petroleum exploration and production, pipelines, mining (e.g., diamonds, metals), roads, railways, housing and related infrastructure, in conjunction with additional economic development. Regular shipping will also be occurring on the Mackenzie River and into Great Slave Lake, with expected growth in population and similar development pressures. Increased road construction will include major corridors such as one currently being considered to link Winnipeg to Rankin Inlet. Increased interest in commercial, sport, tourism-related and subsistence fishing, in conjunction with increased access, will place additional pressure on fish stocks.

4.1.2.6 Other Resource Development

Economic development will also continue in **forest management**, with a northward progression and impacts associated with access, harvesting, and regeneration. **Oil and natural gas exploration and production** will have continued in Canada. The economic importance of **mining** in the far north will continue. With over 130 metal mines that discharge into freshwater systems currently in existence in Canada, challenges regarding risk assessment, mitigation, compensation and monitoring will continue to grow. For example, concerns related to gold and uranium mining and their associated contaminants (arsenic, nickel, and selenium) will increase. New technologies will be applied in traditional areas to harvest forests, extract petroleum resources and mine locations that were previously considered marginal or economically unfeasible.

4.2 Priority on the Environment and its Sustainability

4.2.1 Environmental Risks to Human Health

In 2020, public concern about environmental risks to human health will continue to be a primary issue for Canadians. The air we breathe, the water we drink, the food we eat, the radiation we encounter and the products we use, will all be the subject of strict quality standards and political accountability. Public concern for safe drinking water will drive broader environmental health concerns and will require a closely scrutinized partnership of water and health agencies (Health Canada, Environment Canada, DFO, provincial agencies). Mandates of responsible agencies will be clearly defined, as will accountability contracts to ensure essential safeguards are in place. Specific partnership configurations may shift and change, but collaboration will be the standard operating model. The development of a national water strategy will have served to focus the efforts of a broad coalition of partners to avert a looming freshwater ecological crisis.

Environment Canada has identified the range of current threats to drinking water and aquatic ecosystem health. While progress will have been made on many of these by 2020, all categories will require significant additional scientific understanding. Although pollution and deleterious substances are the purview of Environment Canada, their impacts occur not only in relation to human health, but directly on aquatic ecosystem health, and therefore require close scientific collaboration. The identified threats include: waterborne pathogens; algal toxins and taste and odour; pesticides; persistent organic pollutants and mercury; endocrine disrupting substances; nutrients – nitrogen and phosphorous; aquatic acidification; ecosystem effects of genetically modified organisms; municipal wastewater effluents; industrial point source discharges (pulp and paper, mining, petrochemical); urban runoff; landfills and waste disposal; agricultural and forestry land use impacts; natural sources of trace element contaminants; and impacts of dams/diversions and climate change (water quantity).

Degradation of ground and surface waters from agricultural and sewage waste and industrial contaminants, along with potential for water supply sabotage, will remain prominent health concerns.

In terms of fish consumption guidelines, mercury will remain a significant issue in Canada. Climate warming may actually increase the amount of mercury found in aquatic fauna. Herbicides, pesticides, residues from pharmaceuticals, and endocrine mimics will increasingly be entering waterways as a result of population growth, an ageing population, climate change and increased water use. Continued global industrialization will produce a wider array of new chemical compounds and increased burning of coal in China will result in continued and increasing mercury contamination problems in northern Canada via atmospheric transportation and deposition. Transport of persistent organic pollutants, known to be problematic for fish and human use of fish, will also add to public concerns regarding contaminants in fish, resulting in fishery closures and intensive scrutiny of sampling program results. Pathogens introduced into waterways from ship ballast water will raise public concern.

Generally, ambient receiving water quality objectives for contaminants, used in regulations to protect aquatic life and to prevent adverse effects to fish and their habitats, will continue to be more stringent than those used for drinking water standards. Canadians will increasingly appreciate that waters kept safe for fish survival, growth and reproduction will be waters that are safe for human consumption.

4.2.2 Competing Demands for Water

By 2020, increased population, urbanization, and global warming will result in significant competing demands for fresh water, particularly in mid-continent and southwestern U.S. regions. These demands for fresh water (including commercialization) will be for purposes beyond environmental health, including, primarily, safe drinking water and hydroelectric power production, along with irrigation, shipping, industrial processes, pulp mill and metal mining developments, and waste treatment.

Numerous smaller scale diversions within and from the Great Lakes Basin will supply fresh water for municipal consumption and for waste disposal into neighbouring watersheds. A contemplated plan to pipe irrigation water from the Missouri River into northwestern North Dakota would pose potential risks to waters in Manitoba and the Hudson Bay watershed. Major freshwater diversions, such as the GRAND Canal Project diverting fresh water from the James Bay drainage basin to the Great Lakes, and the North American Water and Power Alliance (NAWAPA) project that would transport water from the Yukon to Washington State, will increasingly be considered for water supplies and waste treatment.

4.2.3 Conservation of Natural Biodiversity

4.2.3.1 Aquatic Biodiversity in Canada

Canadians will be concerned about maintaining and restoring natural aquatic biodiversity in 2020. They will have witnessed several decades of assaults to their natural world through introductions of invasive species and constant changes brought about or threatened by development, global warming, genetic engineering, pollution and contaminants. Slow progress will have been made in relation to the *1995 Canadian Biodiversity Strategy*, and environmental advocates will demand more concrete action. Formal monitoring and reporting mechanisms will have been called for and tracking programs will be in place. One of the most immediate areas of concern will be for species at risk, particularly since enactment of the *Species at Risk Act* (*SARA*) and regulations in 2003.

4.2.3.2 Species at Risk

An increased number of aquatic species will have become at risk as invasive species expand and habitat losses due to development impacts and climate change continue. Implementation of *SARA* will have resulted in the development and implementation of several aquatic species recovery plans, particularly as a result of coordinated stewardship efforts, but there will be continuing work to do. Limited success in recovery plans will have resulted in celebration of de-listing for some species, but there will be growing frustration over the net increases in species at risk in Canada, despite the fact that *SARA* gives rights to species. The existence of *SARA* will create new issues, such as interactions with fisheries using models of risk. Questions will emerge as to when fishing and other water uses must cease if a species at risk is associated with an active fishery or other significant water use.

4.2.3.3 Ecosystem Approach

The use of a holistic ecosystem approach is fundamental to preserving biological diversity, and steady progress will have been made by 2020 as new science and integrative technology have developed. Assessment of ecosystem status and health will have moved from piecemeal assortments of existing data to structured monitoring and reporting of community assemblages, which was begun early in the century. This in turn will require integrated planning and policy approaches. DFO's freshwater research has historically included use of an ecosystem approach to explore impacts on fish and their habitats caused by such stressors as excessive nutrient addition, acidification and physical alteration (reservoirs). Work begun at the Experimental Lakes Area (ELA) in the 1970s will serve as a model for future experimental ecosystem areas with strong educational links. The continuing challenge will be to garner funding needed for the extensive information systems that support this approach.

Government agencies will still be required to manage harvested fish stocks in a sustainable manner, but under increasingly intensive scrutiny. Harvests will be managed on the side of caution in light of previous collapses, significant disruptions to ecosystems, and severe public reaction. Decisions will be based on the best ecological science available. Further, increased use will be made of no-harvest "aquatic protected areas" to preserve biodiversity of ecosystems and to provide reservoirs to support sustainable harvests. Science will be needed to select the most appropriate freshwater "protected areas," and to monitor their function on a long term basis.

Tracking and reporting of ecosystem status and biodiversity, consistent with public and agency demand to protect healthy aquatic ecosystems, and to monitor and report on their status, will become commonplace. Crucial to this, however, is the prompt establishment, now, of standardized long term baseline programs, against which change can be measured. The importance of existing long term data sets to this monitoring will be recognized and supported (e.g., ELA, Turkey Lakes Area, etc.). An official network of strategically located monitoring stations covering Canada, with a common sampling protocol, would involve federal, provincial and territorial government agencies. Data would be deposited in a common data centre and made widely available through the Internet.

Standardized approaches that provide predictive capability through indicators, monitoring, and modeling will be in place in some areas, although more will be required. The public will expect governments to ensure environmentally responsible practices are in place to regulate development activities. Most industries will have moved to "green" operating codes of practices, given public demand in the marketplace to do so, but ongoing monitoring by government will be required. Municipalities will be slower to bring their wastewater and storm water operations into environmental compliance, although there will be several shining stars for others to emulate. Public interest in valuation of non-monetary benefits/costs will be high.

Integrated resource management (IRM) plans, watershed management and source water protection plans will have become normalized across Canada. These will contain fishery management plans as sub-components. Fisheries management will be risk-based, and structured around quantitative objectives and conservation reference points. Decisions will be made on pre-agreed harvest control rules and objectives. The degree of acceptable risk will be the subject of debate and will require means to resolve value judgments.

4.2.3.4 Fisheries Act and Fish Habitat Protection

Fish habitat protection will continue to be enshrined in the federal *Fisheries Act* and fish habitat policy. It will occur through partnerships between federal habitat and science staff, and with provincial agency, industry and stakeholder support. The habitat protection mandate of the *Fisheries Act* actually drives the need for DFO to apply an ecosystem approach.

Codes of practice and best management practices for industries involved in urban development, agriculture, aquaculture, mining and forest management, will provide, together with a regulatory backstop, reasonable assurance of fish habitat protection. Regular monitoring and reporting will be required of government, and the precautionary approach and adaptive management principles will be applied. Fish habitat science priority areas will continue to include ecosystem structure and function (including species identification, distribution monitoring, relationships between habitat and populations, and understanding of system-scale processes that create and maintain habitats), effects of habitat alteration; habitat restoration methods; impact and recovery indicators; and synthesis and information transfer, despite good progress over the preceding two decades. Successful fish habitat management

will depend on a serious commitment to develop the science required to support critical decision-making. The need for assessment of, and refinements to, the classification of habitats will have emerged, particularly given its importance with respect to streamlining of habitat decisions.

The control of nutrients in water, such as phosphorous and nitrogen, will have met with widespread success, given public acceptance, effective technology and strict regulation. However, there will still be serious freshwater nutrient problems to address, and in the case of the Great Lakes, abatement programs will have increasingly created issues regarding insufficient lake-wide productivity.

4.2.3.5 Invasive Species

By 2020 the shipping industry will operate under strict environmental controls (prescribed by international convention), given the legacy of environmental disruption and economic impacts that has taken place over the preceding four decades. A widened and deepened St. Lawrence Seaway (as proposed) would see even larger vessels arriving from more locations. Movement of live aquatic species for the food and pet (aquaria) markets will also be strictly regulated and enforced. However, there will be a constant need to conduct risk assessments on species proposed for distribution in Canada. Water diversion projects will continue to pose a risk for the introduction of invasive species and effective means to eliminate that risk may not be available. Freshwater ecosystems will have become even more permeable to new alien invasive species as increasing numbers of new species have become introduced, and intensive fishing has continued. For a period of time, large freshwater systems such as the Great Lakes will exist in a chaotic state, as new species arrive and disrupt already destabilized aquatic communities.

4.2.4 Climate Change Impacts

Some of the greatest threats to freshwater ecosystem stability over the next century are anticipated to result from the influences of climate change on the terrestrial and hydrological components of Canadian watersheds. While the rate of change continues to be the subject of debate, it is clear that non-linear change is occurring, and that even minor warming will impact the quality and quantity of Canadian freshwater ecosystems in significant ways. The following are some possible projections and their consequences.

Canada's watercourses will change in response to increased air and water temperatures as well as to altered precipitation patterns in spatially and temporally complex ways coupled with changes in the landscape. Water supplies, lake levels, renewal times and connectivity are all likely to change from current conditions for many bodies of water. Wetlands will disappear and water tables will decline. The timing of state changes will also be altered; for example, ice-covered periods are expected to decrease and less precipitation will arrive as snow. Regular and relatively rapid fluctuations in lake levels (especially in the Great Lakes) will present challenges for commercial and recreational navigation, related boating support facilities (harbours, marinas), and hydropower generation. In western Canada, a reduction in water yields from shrinking snow and ice fields will affect stream flows. Changes in flows will mean a heavier reliance on reduced base flows, and corresponding intensified conflicts over water use. The effects of acidification will be increased in poorly buffered environments, and decreased water renewal rates will result in advanced eutrophication. Dissolved organic carbon will decrease in lakes as a result of climate warming and acidification which will allow greater penetration of ultraviolet radiation into waterbodies. Thermoclines in lakes will deepen, thereby reducing habitat available for cold-water species, and warming of streams may eliminate species such as brook trout from southern parts of their range.

The nature of the many changes in our watercourses will be further modified because of linkages to changes in the landscape. At the ecozone level for example, global warming will further melt ice fields and permafrost increasing "isostatic rebound" (uplifting the earth's crust) causing changes in waterways and endangering fisheries resources. The terrestrial portions of watersheds will also be modified by more local, climatically induced 'natural' disturbances (e.g., by increased fire frequency), which will alter the receiving waters. The watersheds will also be affected by altered human and wildlife pressures (e.g., northward migration of populations where climatic conditions become more hospitable), and will be subject to increased national and international demands for supplies of water.

Many aquatic food webs will become increasingly southern in character as warming proceeds. Food webs will be responding to increased surface water temperatures and to decreased cold-water habitat

(including decreased ice-covered periods, decreased hypolimnetic volumes, and increased hypolimnetic temperatures). Such pressures will primarily impact cool- and cold-water biota, which will face additional stresses caused by competition from invading warmer southern species and the establishment of these exotics; for example, displacement of indigenous species will be the norm in major watersheds such as the Great Lakes. These changes will cause rapid and large-scale fluctuations in aquatic resources (i.e., increased instability), often with deleterious results for stakeholders and dependent economies, placing additional pressures on resource and political governance.

Global warming effects and increased developmental impacts on the Arctic will have stimulated public demand for scientific expertise on Arctic resources. This will be particularly evident with respect to freshwater fisheries and aquatic sciences, given the lack of academic attention they have received and the consequent dearth of technical expertise in the area.

4.3 Rapid Technological Advances

Remarkable advances in technology drive societal demand for new products and services as well as supporting scientific breakthroughs. ENGOs and the public expect governments to make use of current technologies to acquire and share the best possible scientific information. This allows effective public participation in decision-making. The following technological advances are expected to influence freshwater fisheries and aquatic sciences and the services that DFO provides in 2020:

Over the next two decades, science will increasingly be used to shape the future rather than solely to respond to issues. The five federal departments responsible for natural resource matters (5NR) will embrace the ecosystem approach by developing integrated geomatics applications for all major watersheds in Canada, in cooperation with a variety of essential partners (provinces, municipalities, academia, others). These systems will house water quality, water quantity, land-use activity, and fisheries thematic layers that can be referenced to document existing conditions and assess impacts of potential development. This technology, together with seamless access to shared data resources, will become essential in managing via complex partnerships and will improve data analysis capability for all partners. Further, GIS applications will allow new understanding of spatial relationships regarding resource components at various scales, and will improve ability to manage meta-data sets (e.g., ecological process modeling), by linking them to geospatially referenced attributes.

The world will have undergone a revolutionary expansion in its "connectivity," the ability to share extensive knowledge between individuals regardless of geographic location, increasingly via wireless technology. This will allow a transfer of information amongst interested stakeholders at levels that are currently without precedent. However, obtaining, maintaining and managing extremely large data sets is very expensive and will require significant research and development funding. Nonetheless, increased use of integrative tools for holistic understanding of ecosystems, coupled with increased geospatial modeling/analysis of regional-scale patterns and other leading edge technological approaches, will generate quantum leaps in freshwater aquatic science and its contributions to effective decision-making.

Availability of advanced remote sensing technology (e.g., remote monitors, satellites, hydro acoustics) will drive public and agency demand for ecosystem monitoring. Such technology will become increasingly common on large inland lakes, and will significantly expand predictive capability regarding weather events and aquatic productivity. Moreover, demand for real-time information (e.g., navigation, weather, fish stocks, quota achievement) and availability of leading edge hydrographic technologies such as multi-beam scanners, coupled with laser and GPS technology, will combine to allow detailed representation of bottom topography and water depths for navigation, rapid management interventions, and precise fish habitat documentation. Expanded public use of new technologies (e.g., GPS equipped fish finders, underwater cameras, sonar and innovative tackle) will increase recreational and commercial fish harvesting efficiency and resulting catch.

On another front, increased use of "molecular" techniques for bio-monitoring (e.g., gene probes, biomarkers) and nanotechnology that allows minute instruments to explore internal conditions of organisms, will permit aquatic science to become much more effective and efficient in pursuing solutions to difficult problems. Biotechnology will play a major role in new methodologies for stock identification; it will also provide means to produce new vaccines, new organisms for habitat remediation, and of course genetically modified organisms. Another example will be significantly

advanced fish aging technology that uses objective scientific tools (e.g., stable isotopes, etc.). Freshwater fisheries and aquatic science capability will benefit from related technologies developed by fields with much greater research capacity, such as health, the military, etc.

New technologies and methodologies will provide for rapid assessment of three critical aquatic population measures – abundance, production, and turnover. The relationship between greater fisheries exploitation rates (managing at the edge of sustainability) and increased cost of science will be well understood. In fact, in the entire aquatic science field, the complexity of resource issues, public demand for information, and availability of new technology will drive development of international consortia to share costs and knowledge/expertise.

The advent of the hydrogen economy, based on emerging fuel cell technologies and applications, will result in substantial environmental quality improvements due to reductions in fossil fuel emissions. Government agencies will be expected to lead the way in converting their equipment to more environmentally acceptable models. Canada will follow the (currently) proposed U.S. regulatory lead in requiring a significant proportion of all federal government vehicles and buildings to be powered and heated by hydrogen technology by the year 2020.

By the mid 2020s most of the developed world will have national climate services, functioning much as national weather services do now. Emphasis on global warming will have allowed development of capability to forecast climate impacts as general trends 5 – 10 years in advance and as annual impacts. Among other things, these services will assist in forecasting freshwater climatic conditions that may precede extreme events that impact on ecosystems and human activities and will provide advice on adaptation measures.

4.4 Governance and Accountability

By 2020, a significant shift in freshwater **governance** will have taken place, as the federal government has moved toward a more collaborative and inclusive model based on shared stewardship and responsibility. Issues centred on respective federal/provincial/territorial roles and responsibilities will have largely been rectified as a result of concerted efforts under an inter-jurisdictional agreement on cooperation. Aboriginal rights will continue to be of prime importance, and significant progress will have been made in establishing cooperative approaches to resource management. Public involvement in freshwater issue resolution will have become regularized as a normal way of doing business. Individual citizens, communities, interest groups, and industry will have become involved to a much greater extent in decision-making. In order to do this, resource information will have become much more accessible to them, and they will be able to contribute more effectively as a result.

Governments will still be at the centre of decision-making, and will be held accountable for the public trust, but will not be viewed as the sole sources of information. It is therefore important to build the capacity of governments to lead, and stakeholders to engage in the process of managing freshwater resources, now. Government science will have to be perceived as being fully independent of policy bias, thorough, objective and inclusive in its development.

DFO will work in close collaboration with other federal departments (Environment, Health) and provincial agencies in safeguarding water quality, given the strength of the *Fisheries Act* to protect freshwater environments, and societal needs and demands for such protection. Clarification of roles and responsibilities with respect to freshwater science will have continued to be a challenge during the early part of the century, given the number of federal and provincial agencies charged with mandates to address interrelated environmental and resource matters; but these issues will have been addressed through a variety of collaborative efforts and discussions. It is important that these discussions occur as soon as possible in order to be properly aligned for addressing the critical issues of the future. What will be clear, however, is the federal government responsibility and accountability for all aspects of the *Fisheries Act* in fresh water. Routine consultation with partners as part of inclusive, integrated decision-making will benefit from highly organized and professional non-government organizations and community groups, many of whom employ staff technical advisors. Aboriginal fishers will have assumed greater responsibility for managing and protecting freshwater fisheries, particularly in the far north, and will need scientific support and advice.

Resource agencies will prepare long-range strategic forecasts, including reviews of where they are, and where they will need to be, regarding a number of policy matters. Policy and supporting science initiatives will be well integrated into a "Total Policy Approach" that incorporates management, policy and supporting science, rather than each being developed in relative isolation.

The public will demand an even higher standard of government **accountability**, both to Canadians and to the international community. International (e.g., NAFTA; possibly Americas Free Trade Agreement) and legal challenges will require Canada to demonstrate adherence to environmental legislation and policies, and to provisions prohibiting unfair trade practices or subsidies. This will be accompanied by an onslaught of environmentally based litigation against development proposals or activities (past, present and future). Requests for access to information by environmental non-government organizations (ENGOs) will increase and information will have to be provided according to legislated requirements (e.g., ATIP), consuming staff resources.

Public outrage will focus on government and industry responsibilities following a major environmental catastrophe, affecting marine and/or freshwater resources in Canada. The question will be asked, *"Who is responsible, and have they been adequately prepared, as required by law?"* Complexity of issues and high profile crises such as this will diminish public confidence in government science and decision-making. Further, issues such as the perceived lack of application of the "no net loss" guiding principle with respect to certain development activities (e.g., whole lake dewatering for mining, hydropower rule curves) will result in the need for increased scientific consideration of these practices. Uneven application of habitat provisions of the *Fisheries Act* by DFO across provinces will also be a source of complaint by the public of poorly serviced jurisdictions.

Science programs of ENGOs will have continued to increase in quality and sophistication. In addition to advocating for specific perspectives, ENGOs also will be regularly reporting their results and interpretation of data to decision-makers and the public. Further, government science will be carefully scrutinized by outside groups and industry who will seek government (and all other relevant) data more regularly for their own analysis and application, potentially drawing different conclusions. Science certification programs will have been initiated in order to ensure standardization in approaches. An impartial review body will be required to do this, such as is the mandate of the National Academy of Science in the United States. The Royal Society in Canada has regularly advocated this approach.

Society and ENGOs will insist on establishment of environmental objectives and indicators, along with monitoring and reporting on the state of the environment/resources. This will be accompanied by demands for achieving net gains in quantity and quality of freshwater fisheries and aquatic resources, rather than on simply protecting what is left. Examples include increased use of aquatic protected areas for this purpose.

Canadian support to aboriginal communities and developing countries for subsistence fisheries and freshwater management will increase, particularly in expanding capacity in resource sectors.

4.4.1 Partnerships

By 2020, advanced technology will have amplified the capacity to integrate massive and diverse sets of data, and to translate that information into useful knowledge. The drive to optimize benefits from available expertise and funding will continue to foster partnerships. For example, new partnerships with health science practitioners will yield significant technological benefits. While financial considerations will continue to figure prominently, partnership formation and adjustment will increasingly be driven by dominant science needs (e.g., Great Lakes, Arctic). Research teams, including non-DFO experts, will contribute to resolving issues associated with partnering.

Although government will have a significant responsibility for collection of resource baseline data, others including industry will have a role to play in this function, particularly as it relates to environmental assessment obligations. Accordingly, social sciences will increasingly be an accepted source of knowledge for conservation and management of aquatic resources. Along with assessments of the value of resources, this will assist in demonstrating the full societal consequences of management decisions. Once linkages are built with social scientists, the impact and use of this information will expand. This brings with it the challenge that there will be more partisan debate about all science

results. In turn, this will require formation of decision-making bodies that function under high-level policies as administrative tribunals to reach transparent and consistent decisions in disputed cases.

These arrangements will require responsive and enabling financial and administrative processes. New approaches to funding will continue to be required, such as that needed for regular support of research done by other partners, as practiced by DFO in the Experimental Lakes Area in Northwestern Ontario. While this will still result in federal science staff seeking funds, significant advances will have been made in developing funding models (e.g., centres of excellence; funding specialists; supportive administrative policies), that will allow scientists to optimize time spent on research versus administration by 2020.

It must also be recognized that some science will require adaptive management at a broad scale. This needs multi-agency planning involving policy/management and science, and a willingness to use multiple locations to increase the opportunity to learn. Habitat science, in particular, needs to be designed as a series of complementary experiments, taking full advantage of mitigation and compensation conditions that are imposed every year.

4.4.2 Scientific Expertise, Recruitment and Career Development

Challenges in recruiting and retaining aquatic scientists will exacerbate increased loss of aquatic science specialists through retirements and shifting careers. Many of the needs for skilled aquatic scientists are in fields for which there will continue to be a dearth of university programs. Close linkages between resource agencies and academic institutions will be extremely important to ensure strategic science priorities inform graduate programs' designs, to produce the scientific expertise required (e.g., ecosystem functioning and modeling, biodiversity understanding, Arctic ecosystem monitoring and modeling). At the same time, aquatic science will need to continue as part of the culture of resource management agencies, both for the in-house scientific advice this provides, and for the sound understanding of resource issues faced by the agency.

The federal government will need to strive to provide attractive career opportunities to maintain a cadre of the brightest and the best, at a time when aquatic science agencies will target young researchers' interests and aspirations. In order to do so, it will have to offer not only competitive salaries, but well equipped facilities and adequate operating budgets. There will be a whole new way of doing science and measuring/rewarding performance. There will be unprecedented opportunities for discovery, which will be realized by extremely talented researchers.

Aquatic scientists and their organizations will benefit from rotations between employers (government, industry, academia), and from marine/freshwater position rotations. While they currently do not conduct much work on biology and taxonomy, well before 2020 universities will be responsible for providing basic knowledge about species of interest (e.g., biology, taxonomy, SAR) and for training scientists in these areas, as governments focus more broadly on long term science required to support ecosystem, community, population and habitat decisions.

5.0 Science Needs and Expectations for 2020

The science that will be needed in 2020 will be based on the set of formal commitments in place that oblige governments to take action (legislation, agreements, accords), and the primary social and environmental drivers of the day, as described above. Science will be needed to support a risk management framework for decision-making. The science needed will involve both a continuation of current efforts that will have to be expanded, as well as science in new and prominent areas.

5.1 Using an Ecosystem Approach

By the year 2020 it is expected that significant advances in employing an ecosystem approach to aquatic resource protection and management will have been made. This is based on the prevalent drivers of meeting specific legislative requirements, conserving natural biodiversity (habitat protection, addressing species at risk and invasive species challenges), addressing environmental risks to human health, and

competing demands for water. Significant progress will have been made due to rapid advances in supporting technology, which will have assisted with improved ecosystem understanding and modeling.

Scientific activities that will be required to deliver and continually refine an ecosystem approach are far-reaching and complex, crossing departmental and jurisdictional mandates, and requiring input and collaboration from all involved stakeholders (governments, aboriginal people, academia, industry and NGOs). Key activities/knowledge relevant to DFO include:

- Development of indicators, standards and monitoring programs to measure and document freshwater ecosystem health, and prepare state of the environment reports;
- Science to support management planning decisions such as setting objectives for fish production, habitat requirements and sustainable development needs;
- Improved models of ecosystem form and function to improve predictive capability in the following areas:
  - to assess the impacts of cumulative development (municipal, industrial, cottage, recreational, water power, resource extraction) on a water body and a watershed scale, and how to mitigate their effects;
  - to assist in the ecologically sound allocation of water resources;
  - to assist in determination of minimum volume, flow and quality standards for sustaining aquatic resources;
  - to predict the impacts of various aquatic community shifts due to fish harvesting, introduced species and productivity changes;
  - to understand how introduced species change food webs (energy flow through the system) and how this impacts contaminants and sustainable harvest levels of target species;
- Improved understanding of small scale and large scale hydroelectric power generation impacts (e.g., reservoir production, water level and flow regimes);
- Assessment of the cumulative impacts of proposed water diversion schemes (flow alteration, contaminant discharges, species introductions, barriers to fish movement, changes to oxygen and temperature regimes);
- Development and use of cost effective integrating technology to collect on-going data (e.g., monitors employed on remote hydrographic platforms);
- Scientifically sound monitoring programs to define baselines that will allow detection of change in aquatic ecosystems over time (these programs are needed immediately for comparison by 2020), including continuation of existing long term data sets at established locations (e.g., Experimental Lakes Area – NW Ontario, Turkey Lakes – N Ontario);
- Improved understanding of Canada's hydrologic landscape and how it will be altered by climatic change, especially in response to changes in precipitation patterns and geomorphic responses brought on by retreating snow/ice cover and permafrost; and
- Understanding how climatic forces and their consequences will cumulatively interact with other stressors (e.g., contaminants such as pharmaceuticals and mercury, eutrophication, acidification and invasive species) that aquatic ecosystems are already subjected to.

These activities will require expertise in the following specialty areas: system modeling, aquatic ecology, contaminant flow modeling, hydrology, limnology, watershed science, taxonomy, toxicology, electronic engineering, climatology, and geomatics.

Fisheries and Aquatic Ecology in the Arctic

Application of an ecosystem approach will be particularly important in Canada's northern areas where ecosystems are especially sensitive to disturbance, and subject to significant modification as a result of climate change. Science activities that will be required include:

- Baseline biodiversity data establishment (as reference benchmarks) for areas that are likely to undergo anthropogenic disturbance (e.g., access roads, mining, new shipping activity, ecotourism);
- Identification of locations for ballast water exchange that pose minimal environmental risk, particularly to freshwater ecosystems;
- Assessment of the environmental impacts of shipping traffic, particularly those with high risk cargoes (e.g., petroleum products) that may impact freshwater river systems, or migratory stocks of fish;
- Science to support increased pressure on Arctic resources due to human population growth and tourism (e.g., habitat protection, management of fishing pressure); and
- Long term core Arctic research commitments.

Areas of expertise that will be required to meet DFO science needs in the Arctic include: northern applications of limnology, ichthyology, aquatic ecology, risk assessment, population biology, and environmental impact assessment.

Contaminants in Freshwater Ecosystems

Provision of strong scientific information by DFO and its partners on the existence and dynamics of contaminants in the aquatic environment will include such science activities/knowledge as:

- Continued research on the presence of mercury and a range of other contaminants, their effects on fish and aquatic ecosystems, mitigation techniques, and detection in fish intended for human consumption;
- Ways to analyze effects at early stages of exposure to contaminants (e.g., herbicides, pesticides, endocrine mimics, pharmaceutical residues, etc.) by fish and their habitats in order to prevent catastrophic disruption of ecosystems, including collapse of fish populations and aquatic communities;
- Improved understanding of contaminants in reservoir water; and
- Improved understanding of groundwater and surface water dynamics in relation to human impacts and environmental risks.

Specific areas of expertise that will be required to provide this science include: contaminant modeling, biochemistry, physiology, and limnology.

5.2 Freshwater Aquatic Populations and Habitats

Canada's well-developed stewardship ethic will drive strong expectations for environmental protection in the face of unprecedented economic development and use of natural resources in 2020. The public will expect government to understand very clearly, the aquatic resources and values at risk with respect to development and the use of lands and waters. Clear and effective scientifically based regulatory standards, supported by industry sector codes of practice/ethics and best management practices (developed by industry in cooperation with government) will form the basis for environmentally responsible economic development. DFO and its partners will be expected to manage and protect aquatic populations and habitats through such science based measures and knowledge as:

- Understanding how fish productivity is affected by changing water quality and over-fishing, as a result of increased activity;
- Evaluation of environmental impacts of increased boating, including physical damage, pollutants, contaminants, and dockage; and assessing the risks to fish habitat and productivity from a variety of development activities;
- Inventories of habitats and fish populations before, during and after development activities;
- Capability to rapidly assess fish stock abundance and growth potential including population dynamics modeling; and
- Monitoring programs, diagnostic tools, etc. to address new diseases in aquatic species (previously undetected), resulting from environmental perturbations (e.g., invasive species, climate change).

Population Management

- Improved understanding of how to manage fishing effort to maintain sustainable wild stocks;
- Techniques to assess efficiencies of new recreational technologies and to manage their use;
- Enhancing recovery of severely over-exploited recreational fisheries caused by increased effort and catching proficiency;
- Where and how enhanced fish production (prime fishing sites) could be established and maintained;
- Potential harvesting strategies for introduced species, as they become established, and on their role in the aquatic community;
- Understanding of where "aquatic protected areas" would be most effectively located, their size, characteristics and functionality, once established;
- Biological inventories of species at risk; and
- Improved understanding of the level of protection and monitoring required before species become at risk.

Habitat Protection

- Fish habitat research priorities including tools to quantify impacts, that will stand up in court for prosecutions under the *Fisheries Act* (e.g., effectiveness of compensation and mitigation measures; quantitative assessment tools to determine In-stream Flow Needs (IFN); methods to quantify habitat

productivity and link fish to habitat through functional and mechanistic modeling; impact of physical alterations on habitat productivity; cumulative impact assessments; and riparian plantings and buffer zone guidelines). While some of these examples are current priorities, the habitat management program will still require scientific input for the tools that are used to assess development proposals. These tools will need to be refined and made applicable to a wide range of geographic locations as industry expands, particularly in the north;

- Understanding of impacts on productivity involving conversions from river to reservoir ecosystems and science to support decisions on acceptable flow regimes;
- Assessments of risk regarding new proposals, fate of various contaminants and discharges on ecosystems, particularly in the north;
- Evaluation of the effectiveness of compliance and decommissioning practices;
- Science will still be needed with respect to pre and post development nutrient levels, nutrient loading and methods to control it, and it will also be important in establishing predetermined, desirable levels and how to maintain productivity in light of phosphorous controls and organisms such as zebra mussels;
- Full understanding of the linkage between agricultural land-use practices and downstream impacts for both nutrients and a wide range of chemicals used to manage crops and animals;
- Determination of aquatic habitats most vulnerable to climatic-based changes, and the nature of these vulnerabilities, to assess whether protection of ecosystems is required or possible, and to identify those habitats and species that need additional protection; and
- Increased scientific understanding of certain development activities (e.g., whole lake dewatering for mining, hydropower rule curves) to assist in policy formulation.

Areas of expertise that will be required by DFO to address population and habitat science needs include: physical and chemical limnology, population dynamics, aquatic ecology, production modeling, presentation of court evidence, risk assessment, fish health/disease, and environmental assessment.

5.3 Freshwater Species

Science will be needed with respect to individual freshwater species as a result of strong public demand to conserve natural biodiversity, recover species at risk, and prevent the introduction of further alien invasive species. This need will be exacerbated by climate change, as ecosystems and habitats change, and species occurrences are modified.

Science activities that will be required in 2020 in order to gain an improved understanding of individual species include:

- Biological investigations for hundreds of freshwater species (to prevent additional species from becoming at risk, and to effectively recover species that are already at risk), including habitat requirements at various life stages, natural history documentation, impacts of various disturbances, and susceptibility to fishing gear (along with degree of acceptable risk if fishing is to continue);
- Sound science to evaluate the risks of species introductions, development of preventative techniques, and potentially, control measures in the face of constant threat of introductions of additional alien invasive species via ballast water, the live food fish and aquaria trade, and the bait industry (this will be particularly true in the Arctic, once increased shipping begins to occur in formerly pristine areas); and
- Assessments of risk with respect to aquaculture will be required in order to respond to new technologies (net culture, pump-a-shore), proposals to raise additional non-indigenous species, genetically engineered organisms, and water farming in new locations.

Areas of particular expertise that DFO will be required to apply include: taxonomy, ichthyology, systematics, limnology, natural history, and risk assessment, much of which can be acquired through collaborative efforts with academia and industry.

5.4 Information Management and New Technologies

The public will expect improved management of scientific information to support new governance models that call for open, transparent partnerships and full accountability for expenditures and management decisions. Partners will be aware of the need for and will insist on comprehensive data systems to support implementation of an ecosystem approach. The public will also demand use of state

of the art technologies by governments for effective decision-making, and will want to have information such as hydrographic data delivered using the latest technology available.

The scientific activities that will be required in order to meet expectations for improved information management include:

- Ready electronic provision of scientific data to management partners and the public immediately following its collection and analysis;
- Continued improvements in technical approaches to large data set management;
- Increased emphasis on securing scientific data, once collected;
- Improved understanding of spatial analysis and staff trained to do this;
- Provision of aquatic information for value-added product development (e.g. hydrographic map production for specific areas, once data is collected) for public and business interests;
- Geomatics standards and guidelines to develop specific resource data layers; and
- Increased understanding of the linkage between measured parameters and management decisions (harvest levels, annual production).

Scientific activities that will be expected to occur as a result of the availability of new technology will include:

- Application of remote sensing technology that allows "real time" monitoring and rapid techniques to report on resource status and/or ecosystem health;
- Research on how to effectively apply new hydrographic techniques for habitat management purposes;
- Use of nanotechnology, or use of minute recording instruments within organisms to better understand their habits and physiological needs;
- Development and use of capacity/fora for discussions and decisions regarding ethical considerations about such new technology as genetically modified organisms, and aquatic animal health issues;
- Continued research on the implications of improving technologies (e.g., depth sounders, cameras, attractants) in order to manage commercial and recreational fisheries on a sustainable basis; and
- Refinement and communication of emerging new tools.

The key areas of expertise that DFO will require in order to address scientific expectations with respect to information management and new technologies include: data management (entry, manipulation, storage, archiving, and retrieval), information management, systems operation, geomatics, electronics, remote sensing, nanotechnology and spatial analysis.

5.5 Socio-Economic Understanding

Public expectation for increased socio-economic understanding of freshwater fisheries and aquatic ecosystem management issues will be driven primarily by the demands of an increasing Canadian population, demographic change, and society's priority on the environment and its sustainability. Given that climate change will be noticeably advanced, and Canadians and their management of freshwater ecosystems will increasingly need to continue to adapt, the types of socio-economic information/ understanding that will be expected in 2020 will include much greater emphasis on:

- Relationships between freshwater ecosystem alterations and socio-economic impact on commercial and recreational fisheries, aboriginal communities, resource-based tourism operations, various industries, shoreline property values, etc.;
- Social and economic assessments of new technologies perceived to present potential risks/benefits to fisheries and the aquatic environment (e.g., fishing gear, aquaculture "pump ashore" facilities);
- New approaches to provide valuation of non-monetary benefits/costs to assist in the fair valuation of water resources for their ecological as well as socio-economic importance;
- Decisions on "best use" of aquatic ecosystems in light of competing requirements/interests; and
- Economic research to support resource allocation policy decision-making.

Increased reliance on these non-traditional activities, particularly in relation to social sciences, in the management of freshwater fisheries and aquatic ecosystems will demand that DFO and its partners incorporate in their problem-solving and decision-making, excellence in such skills as: application of social and economic impact analyses to issues related to development, deterioration, protection, and/or restoration/enhancement of aquatic resources (environmental economics is one such emerging discipline); and "full cost accounting" (inclusion of all non-monetary benefits/costs, along with economics) for application of new technologies.

5.6 Hydrography

Public expectation for advanced hydrographic information will be driven primarily by an increase in shipping and recreational boating activity, along with the availability of improved technology. It will be heightened due to significant fluctuations in water levels associated with climate change and resulting risks to safe navigation.

The types of information that will be expected from the Canadian Hydrographic Service at this time will include:

- Full bottom images covering all shipping areas, provided both digitally and on high quality laminated charts;
- Regular chart updating/notices based on risk assessment priorities; and
- Significant new approaches in providing "real time" water depth, tide and current data generated and distributed electronically for navigational purposes, both for main routes and alternative emergency routes; this will include charted approaches to alternative deep-water service ports, particularly in the Arctic; all of this will support "trip-long" planning.

Scientific disciplines and specialty areas required for DFO to deliver this science will include: hydrography, electronic engineering and cartography.

5.7 Scientific Collaboration and Approaches

Society's priority on the environment and its sustainability, coupled with rapid technological advances, and realities of demographic change and economic development pressures in 2020, will drive public expectations for holistic, open, and transparent collaboration amongst those determining aquatic science priorities, and those responsible for implementing them.

Canadians will expect DFO and its partners to have developed and implemented new collaborative approaches and skills in the following areas:

- Systems of institutional incentives to stimulate multi-disciplinary/multi-agency ecosystem management science teams and scientific collaboration between organizations inside and outside of government, removing barriers (e.g., funding eligibility, travel restrictions to meetings and conferences) and employing financial/administrative processes that support needed science partnerships;
- Codified regular review of roles and responsibilities for fresh water amongst federal agencies to clarify mandates and ensure effective processes exist to maintain and encourage meaningful collaboration;
- Advanced understanding of how to integrate a broad range of information and develop coordinated strategic approaches ("total policy approach" – management, policy, science);
- Systematic, well refined, multi-disciplinary tracking of aquatic parameters to provide baselines and early indications of climate change impacts;
- Established Arctic science priorities amongst government agencies, with universities supporting research and graduate programs in these areas;
- Certification systems for science-related decision processes (i.e., transparent and inclusive approaches for considering the issues and determining priorities for allocation of effort/funds); environmental risk assessment models; data acquisition, management, and accessibility standards; and peer reviewed publications;
- Ability to objectively forecast long-range science needs, and a regular process to adjust priorities to bring science capability in line with anticipated needs; and
- Integration of social and economic science, and traditional ecological knowledge (TEK) (through increased aboriginal participation in fisheries) with other scientific knowledge.

It will also be expected that science will continue to and increasingly include the following approaches:

- Sustained efforts to demonstrate the relationship between human health concerns and more general aquatic ecosystem health and management (what is good for fish is good for humans);
- Emphasis on the common public good in science to support recovery projects rather than a sole focus on benefits to a single resource use;
- Teams of scientists that are both flexible and nimble so they can shift between priorities, using available funding sources, including increased use of "centres of excellence" developed

collaboratively between governments and academic institutions (recognizing that a great deal of aquatic science requires focus and long term commitment to advance understanding appreciably);
- Collaborative fisheries science support and advice for aboriginal fisheries;
- Efficient and timely provision of information in response to public requests under Access to Information legislation (ATIP); and
- Aquatic science capacity to articulate needs/commitments including funding requirements, to establish priorities for them, to deliver them, and to report on their progress and value for money.

6.0 Aquatic Science Shifts by 2020

Science capacities required in 2020 to meet the needs envisioned in this paper represent a considerable divergence from current strengths in Canadian aquatic science. New areas of scientific excellence will be required, and strengthening of several current activities will be needed.

It is important, however, to recognize that the shifts are in large part additive, and will not replace the science that is done today by DFO. The requirement for data on fisheries resource and habitat status, as well as reliable hydrographic charting will continue to be a pressing need. Research needs for economically important fish species, fish population dynamics, human use patterns, genetics and taxonomy, contaminant models and models of developmental impacts on fish and fish habitats, including water quality and quantity, will continue to increase in importance and urgency. Work will have to occur on a broader range of species (species at risk, additional ecosystem components, introduced species), critical abundance thresholds, and systems under stress that are experiencing dramatic fluctuations. Initiation of many of the required shifts cannot wait as they will take time to mobilize.

Major new areas of freshwater science that are required include:

1. Application of New Technologies to Freshwater Resource and Environmental Management

Application of rapidly emerging technologies first requires the capability to identify them, so they can be matched to priority science challenges. Having determined the potential "fit," expertise is then required to apply the optimal mix of technologies and techniques to the problem at hand. Strategic investment must be made in leading edge technology development, and application to aquatic science issues and opportunities. The needed expertise must also be available to apply that technology effectively. Emerging new technologies that appear to offer exciting potential for application to the aquatic science needs of 2020 include: integrating information management technology (geomatics, extremely large data processing capability); advanced remote sensing technology (high resolution satellite imagery, hydro-acoustics, GPS); multi-beam sonar; gene banks (for *SARA*); genetic probes/ biomarkers; nanotechnology, and molecular techniques for bio-monitoring and tissue analysis.

2. Practitioners Skilled in Freshwater Resource and Environmental Information Management

Emerging data standards, information management protocols and the need for information sharing with partners will require a shift towards practitioners skilled in these matters in order to keep pace with and capitalize on growth in new technologies, science, innovative approaches, and societal needs.

3. Integration of Social Sciences and Traditional Ecological Knowledge into Aquatic Science

The inclusive governance environment envisioned in 2020 will demand a holistic approach to the prevailing aquatic ecosystem issues. The high value placed on sound science will be followed closely by the value ascribed to contributions from the social sciences, and from traditional ecological knowledge (TEK), where it is available. In fact, the way to do this business will be regarded widely as a healthy blend of pertinent contributions from all three sources. There will be a premium on scientists who can effectively work across these fields and integrate the strengths of each into a systematic whole. A broadly shared understanding of a hierarchy of values, along with associated ethical considerations, will be major changes to the *status quo* in bridging between social, economic, and aquatic sciences.

4. Government Accountability and Partnership Models

Despite its many challenges, the use of partnering to acquire freshwater science will be driven by the needs and willingness of partners to collaborate to meet their individual and collective mandates. For DFO, that means fulfilling its stewardship role for Canadians to conserve and protect fishery resources (i.e., fish, fish productivity, fish habitats, and aquatic ecosystems, all intertwined but with fish as the nexus).

Holistic and inclusive approaches to aquatic science, derived from a maturing ecosystem approach and participative governance model, will demand effectively functioning multi-disciplinary teams of scientists. The breadth of expertise required for any given situation could well span several government departments and jurisdictions, and bridge to academia, outside science organizations, ENGOs, and industry. Clearly, partnership arrangements will have to be easily facilitated and not bound up in red tape within and between the various organizations involved. Practitioners in this field will have to be adept at recognizing value-added partnering opportunities and possess the aptitude and inclination to thrive in such an environment. Early development of improved partnership and funding/administrative models (e.g., centres of excellence model; or staff trained to develop partnerships and assist scientists in submitting funding proposals) will be required, as will substantially improved administrative guidelines for funding and implementation. Effective interagency and inter-disciplinary partnerships and protocols will optimize benefits from the talents, technology, and fiscal resources available.

Despite the strong need for more enabling administrative arrangements, government will still be accountable (as will partners) to their constituencies for cost effective expenditures, and for making valid, well-informed decisions for aquatic resource management. At the same time, partnerships will not absolve governments of accountability for their mandated responsibilities, nor others of their respective regulatory or contractual obligations.

5. Collaboration with Universities

By 2020, it will be critical that aquatic science organizations maintain enhanced working relationships with universities. Close collaboration will be required to ensure that graduates skilled in the priority areas for aquatic science will be available. Key needs will include practitioners in emerging areas of aquatic science (e.g., system level, high tech) and undersupplied but critical fields (e.g., Arctic systems, taxonomy, species biology, toxicology, limnology), as well as basic fisheries and environmental science. Close collaboration in ensuring the needed supply of talent through graduate programs will yield additional benefits. Graduate programs will be focused on specific aquatic science problem areas while still being ecosystem based and holistic. The results of the graduate work will contribute to the body of science in particularly challenging areas. Synergistic efforts between government and academic scientists should be supported through co-operative research networks to produce integrated designs and synthesis of independent studies.

Strengthened activity and commitment to current areas of aquatic science will also be important and include:

1. Conservation of Natural Biodiversity and the Ecosystem Approach

The science needed for successful protection of natural biodiversity and effective application of the ecosystem approach in fisheries and environmental management in 2020 will require a much better understanding than presently exists. This applies to a suite of critical components including 1) determination/confirmation of indicators for fisheries and aquatic ecosystem health; 2) design and implementation of monitoring systems to track these indicators; 3) cost-effective data gathering technology and techniques that permit "real time" geo-referenced data streams; 4) effective communications capacity to rapidly transmit this data; 5) rapid information management and geomatics capacity to translate "real time" data streams into useable information ("near real time"); and 6) skilled scientists to do all of this and to analyze and collate the information into useable knowledge for application to prompt reporting on the state of the resource/environment, provision of advice to decision-makers, and advancement of the science.

2. Water Use and Allocation Models

Ultimately, aquatic science is about uses of water. Society's ever-increasing need for fresh water for a variety of essential purposes, including maintaining healthy aquatic ecosystems, will drive the requirement for development and maintenance of sophisticated water allocation models. Climate change will escalate the urgency. Equity and sound science will be the cornerstone imperatives of these predictive models and knowledgeable practitioners must be available to deliver them.

3. Species at Risk

Building on the first science shift listed above, effective science-based strategies to provide early warning of species heading for trouble will be in high demand. Further, strategies to then prevent such species from becoming threatened or endangered will depend on sound science, including evaluation of results over time, backed by courageous policy making. Science to assist in minimizing impact of invasive species on species at risk also will be critical. Development and delivery of science-based recovery plans for species at risk will be a common activity. The current lack of expertise in these areas will require a significant shift in focus, starting immediately.

4. Arctic Science

Given the rapid expansion in development activities expected to occur in the Arctic over the next two decades, it is critical now to begin to develop an expanded scientific capacity to acquire information and provide advice on sustainable development approaches in this less productive and fragile environment. Such capacity is extremely limited at this time, and governments and academia will have to refocus efforts very soon to avert disaster.

5. Aquaculture

A much larger aquaculture industry will have embraced new technologies and will have significantly expanded its potential influence on the landscape by 2020. Increases in the use of genetically altered organisms and an increasing number of cultured species will place greater demands on scientific understanding of how best to foster this industry's development, but at the same time, elicit confidence that the aquatic environment will be protected from potentially negative impacts.

6. Recovery of Over-exploited Fisheries

Over-exploited fisheries will be common in 2020, resulting from years of reduced water flows and unrelenting fishing pressure. These fisheries will be concentrated in highly accessible and urban areas, but will extend well beyond. Recognizing that many species live longer than twenty years, the science of managing to restore such depressed fisheries will require the integrated efforts of basic fisheries management science together with the best social science and TEK. This challenge will require the ability of scientists and managers to function effectively in often politically volatile situations.

7.0 Acknowledgements

The content of this paper is based on the significant input of a large number of individuals. The authors are pleased to acknowledge the contributions of these people and express their appreciation for the insights that were shared and the willingness with which the information was provided. John Cooley and Rosalie Allen provided significant oversight for the paper (as well as content input), along with Jake Rice, author of the marine counterpart, the *Blue Paper*. Initial input was provided by DFO staff in: 1) Burlington, including Vic Cairns, Ken Minns, Susan Doka, Marten Koops, Ron Dermott, Art Niimi, Ora Johannsson, Bob Randall, Nick Mandrak, Tom Johnston, Mohi Munawar, Dennis St. Jacques and Brent Beal; 2) Sarnia, Peter Thompson and Robbi Jordan; 3) Winnipeg, including Red Clarke, Terry Shortt, Michael Turner, Jack Klaverkamp, Drew Bodaly, Bruce Fallis, Susan Cosens, Bob Fudge, Ross Tallman, Marty Bergmann, Michael Paterson, and Bill Franzin; and 4) Sault Ste. Marie, including Robert Young, Jerry Weise, Rod McDonald, Tom Pratt, Bill Gardner, Doug Geiling, Lisa O'Connor, Brian Stephens and Mike Steves; and by Ontario Ministry of Natural Resources research staff in Peterborough, including Cheryl Lewis, Nigel Lester, Brian Shuter, Mark Ridgway, John Casselman, Chris Wilson, and John Gunn (from Sudbury). Additional perspectives were provided through telephone calls with Joe O'Connor (Manitoba), Peter Cronin (New Brunswick), Mike Jones (Michigan State University), Jim MacLean, Paul Gray and Dave Maraldo (Ontario) and Henry Regier (University of Toronto). Written input has been provided during various iterations by several of the individuals listed above, along with Wendy Watson-Wright, Karen Brown (DOE), Joan Kean-Howie, Sharon Ashley, Serge Labonte, John Mills/Susan Nameth/Micheal Goffin (DOE), Howard Powles, Dick Beamish, Helen Joseph, Mike Papst, Mike Stainton, Jean Boulva, Ken Drinkwater, Paul LeBlond, Donna Wales (Ontario), DFO Habitat Management (consolidated comments, including those from Steve Samis and Patrice LeBlanc) and the DFO Science Advisory Council.

8.0 List of References

Anonymous. 2002. *National Research Priorities*. Government of Australia. www.dest.gov.au/priorities/default.htm

Anonymous. 2002. Science for a Sustainable Future 2002-2007. UK Natural Environment Research Council. 26 pp. www.nerc.ac.uk/publications/strategicplan/

Auditor General of Canada. 2001. *Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development to the House of Commons. (7 chapters).* www.oag-bvg.gc.ca/environment

Biggs, David and J.B. Robinson. 1996. *Life in 2030: The Sustainability Scenario.* (in *Life in 2030).* UBC Press. 161 pp.

Connor, Richard. 1999. *North America's Freshwater Resources: Emerging Trends and Issues.* Commission for Environmental Cooperation. 30 pp.

Council of Science and Technology Advisors. 2002. *EDGE Employees Driving Government Excellence: Renewing S&T Human Resources in the Federal Public Service.* 22 pp. www.csta-cest.ca

Council of Science and Technology Advisors. 1999. *Building Excellence in Science and Technology (BEST). The Federal Roles in Performing Science and Technology.* 40 pp. www.csta-cest.ca

Council of Science and Technology Advisors. 1999. *Science Advice for Government Effectiveness (SAGE)* 11 pp. www.csta-cest.ca

Department of Fisheries and Oceans. 1986. *Policy for the Management of Fish Habitat.* Ottawa. 28pp. www.ncr.dfo.ca/habitat/Policy/english/index_e.htm

Environment Canada. 2001. *Threats to Sources of Drinking Water and Aquatic Ecosystem Health in Canada.* National Water Research Institute, Burlington, Ontario. NWRI Scientific Assessment Report Series 1. 72 p.

Environment Canada. 1995. *The Canadian Biodiversity Strategy.* *http://www.cciw.ca/eman-temp/reports/publications/rt_biostrat/intro.html*

Environment Canada. 1996. *Accord for the Protection of Species at Risk.* *www.speciesatrisk.gc.ca/sar/strategy/accord_e.htm*

Fisheries and Oceans Canada. 2002. *DFO's Aquaculture Policy Framework.* 32 pp. www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/library_e.htm

Fisheries and Oceans Canada. 1999. *Agreement on Inter-jurisdictional Cooperation with Respect to Fisheries and Aquaculture.* Unpublished document.

Fisheries and Oceans Canada. 2000. *Fisheries and Oceans Canada Strategic Plan: Moving Forward with Confidence and Credibility.* 32 pp.

Fisheries and Oceans Canada. 2000. *A Scientific Strategic Plan for Fisheries and Oceans Canada. Setting the Course for the New Millennium.* 15 pp. www.dfo-mpo.gc.ca/science/StrategicPlan/index_e.htm

Fisheries and Oceans Canada. 2001. *Sustainable Development Strategy 2001-2003 Building Awareness and Capacity: An Action Plan for Continued Sustainable Development 2001-2003.* 58 pp. www.ncr.dfo.ca/sds-sdd/index_e.htm

Great Lakes Fishery Commission. 1997 Revision. *A Joint Strategic Plan for Management of Great Lakes Fisheries*. http://www.glfc.org/fishmgmt/sglfmp97.htm

International Joint Commission. 2002. 11th *Biennial Report. Great Lakes Water Quality. The Challenge to Restore and Protect the Largest Body of Fresh Water in the World.* 89 pp. ISBN 1-894280-32-6.

Johnson, Murray G. and John M. Cooley. 1992. *25 Years of Research on the Great Lakes 1967-1992.* Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 1865. 46 pp.

Kelso, J.R.M., R.F. Steedman, J.M. Gunn, K.E. Smokorowski, N.P. Lester, W.G. Cole, C.K. Minns, K.H. Mills. 2001. *A Framework for the Advancement of Aquatic Science – Lake Habitat Experiments as an Example.* Aquatic Ecosystem Health and Management 4: 453-461.

Minns, Charles K. 2001. *Science for Freshwater Fish Habitat Management in Canada: Current Status and Future Prospects.* Aquatic Ecosystem Health and Management 4: 423-436.

Monahan, David, Hecht Horst, Dave Wells, Maureen Kenny, and Aldino Campos. 2001. *Challenges and Opportunities for Hydrography in the New Century.* International Hydrographic Review. Vol. 2 No. 3. 12 pp.

Pauly, Daniel, V. Christensen, S. Guenette, T.J. Pitcher, U.R. Sumaila, C.J. Walters, R. Watson, and D. Zeller. 2002. *Towards sustainability in world fisheries.* Nature 418, 689-695.

Schindler, D.W. 2001. *The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium.* Can. J. Fish. Aquat. Sc. 58: 18-29

The House of Commons of Canada. 1999. *Canadian Environmental Protection Act.* (c. 33). http://laws.justice.gc.ca/en/c-15.31/text.html

The House of Commons Canada. 1998. *Report of the Standing Committee on Fisheries and Oceans. Central Canada's Freshwater Fisheries Report.* November 1998. 40 pp.

The House of Commons of Canada. 1996. *The Oceans Act* (c. 31) http://laws.justice.gc.ca/en/O-2.4/text.html

The House of Commons of Canada. 1985. *The Canada Shipping Act.* http://laws.justice.gc.ca/en/S-9/text.html

The House of Commons of Canada. 1992. *Canadian Environmental Assessment Act.* http://laws.justice.gc.ca/en/C-15.2/26548.html

The House of Commons of Canada. 1985. *Fisheries Act.* http://laws.justice.gc.ca/en/F-14/54991.html

The House of Commons of Canada. 1982. *The Constitution Act.* http://laws.justice.gc.ca/en/const/annex_e.html

The Standing Senate Committee on Fisheries. 2002. *Selected Themes on Canada's Freshwater and Northern Fisheries. Report of the Standing Senate Committee on Fisheries.* February 2002. 34 pp.

United National Environment Program. 2002. *Global Environment Outlook-3 (GEO-3)* 424 pp. www.unep.org/GEO/geo3/english/pdf.htm

9.0 Appendices

Appendix 1. Vision and Roles of Science and Technology in the Canadian Government

Appendix 2. Jurisdiction and Legal Mandate

Appendix 1. Vision and Roles of Science and Technology in the Canadian Government

VISION FOR CANADIAN GOVERNMENT LEADERSHIP IN SCIENCE AND TECHNOLOGY : *WORKING TOGETHER FOR SCIENCE EXCELLENCE AND SERVICE TO CANADIANS*

The Government of Canada will enhance its research, development and scientific services in order to secure Canada's place as a world leader in innovation, opportunity and quality of life.

The federal government's science and technology (S&T) efforts will identify emerging issues that matter to Canadians, and refocus in response to changing needs in areas such as health and safety, public security, natural resources and the environment, and the growth of the knowledge economy.

Federal scientists will mobilize science resources in the search for innovative and lasting solutions to the challenges ahead. They will sustain their efforts until solutions are found and adopted.

Recognizing that teamwork sparks creativity and improves the use of resources, the Government will better integrate its scientific activities across departments and disciplines, including the natural and social sciences and policy analysis. It will also build more research teams with partners such as Canadian universities, Canadian industry and with scientific institutions in other countries. And it will work with the private sector to develop knowledge and technologies that serve the greater public good.

These combined efforts will contribute consistently to the development of better policies and the delivery of superior services throughout the federal government.

The Government values its outstanding scientists, engineers and technologists, and will invest the resources necessary to attract, develop and support them in the performance of consistently excellent work.

Federal scientists will build on their reputation as prime sources of credible, useful and trusted information for Canadians, because science is valued by Canadians and should be part of everyday life in a confident and successful nation.

Council of Science & Technology Advisors' Roles for Science & Technology

Canada's Council of Science and Technology Advisors (CSTA) has identified the four roles of government-performed science and technology as:

- support for decision-making, policy development, and regulations, for example, stock assessment, climate change, and sustainable development;
- support for public health, safety, environmental, or defense needs, for example, the protection of fish habitat and endangered species and monitoring of toxic algal blooms;
- development and management of standards such as the resolution of trade disputes, genetically modified food, and organisms; and
- enabling economic and social development, for instance, sustainable aquaculture development.

Appendix 2. Jurisdiction and Legal Mandate

DFO's future aquatic science responsibilities will still be built on the core legislation and instruments that set its present jurisdictional mandate. These include:

Legislation

- Section 91 (12) of the *Constitution Act*, 1867 (followed by the *Constitution Act*, 1982), which gives the federal government exclusive jurisdiction for Sea Coast and Inland fisheries. The federal government has responsibility for the protection and conservation of all fisheries.

- The *Fisheries Act* regulates the management of marine and inland fisheries, including commercial, recreational, and aboriginal fisheries, across Canada. The Act also sets out responsibilities with respect to the protection of fish habitat and pollution prevention, enforcement and regulation-making powers. Over the years, significant delegation of fisheries management administration to provinces has taken place through a range of instruments that vary in scope and format from jurisdiction to jurisdiction. The federal government has chosen to retain its responsibilities for the conservation and protection of fish habitat, working in cooperation with the provinces and territories.

- *Canada's Oceans Act* gives DFO overall responsibility for management of the Oceans and activities therein, and mandates that DFO apply an ecosystem approach, the precautionary approach, and integrated, inclusive planning and decision-making.

- *The Navigable Waters Protection Act* generally requires that any work built in a navigable water have DFO (Coast Guard) approval prior to construction, unless it does not interfere substantially with navigation.

- *The Canada Shipping Act*, 2001 (Part 8 – Pollution Prevention and Response; Part 10 – Pleasure Craft) addresses DFO's responsibilities regarding regulation/prohibition of discharge of pollutants from pleasure craft.

Many other federal Acts add to DFO's mandate, and the demands on aquatic science. Key among them are:

- The *Canadian Environmental Assessment Act (CEAA)* requires an environmental assessment (EA) of projects before a federal authority (e.g., DFO) issues a permit or approval. The *CEAA* Law List Regulation identifies federal statutory approvals that trigger and environmental assessment (EA). Sections of both the *Fisheries Act* and the Navigable Waters Protection Act trigger an EA under the *CEAA Law List Regulation*.

- The *Species at Risk Act (SARA)*, which is expected to come into effect in 2003, specifies a process for identifying species at risk of extinction, and assigns DFO, as jurisdictional authority for marine, anadromous and some freshwater fishes and marine mammals, responsibility for ensuring protection and recovery of listed species.

- *The Pest Control Products Act*

- The *Canadian Environmental Protection Act (CEPA)*, which provides authority to the Minister of Environment in many areas of relevance to freshwater, particularly dealing with pollution prevention and ecosystem health.

International Treaties and Agreements

These are augmented by a number of international treaties and instruments to which Canada subscribes. Some are sweeping in scope and broad in impact, including the *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS), Agenda 21 of the *United Nations Conference on the Environment and Development* (UNCED), the *Convention on Biological Diversity*, and the resolutions of the *World*

Symposium on Sustainable Development (2002). Others focus on particular regions, such as the *Pacific Salmon Treaty* and the *Northwest Atlantic Fisheries Organization* (NAFO) *Convention*, or specific activities such as the *Straddling Stocks Treaty*. Several address key freshwater concerns, such as the Canada – U.S. *Convention on Great Lakes Fisheries*, the Canada-U.S. *Boundary Waters Treaty*, and the *Great Lakes Water Quality Agreement* with the U.S. These bi-lateral and multi-lateral agreements, in turn have enabled a number of Commissions, such as the Great Lakes Fishery Commission, International Joint Commission, Pacific Salmon Commission, NAFO, and many others. All these Commissions address tasks requiring science support, often through their own Scientific Councils comprised of scientists from DFO and other member states/jurisdictions.

Article 14 of the *North American Agreement on Environmental Cooperation* (NAAEC) provides for submissions on enforcement matters. Any non-governmental organization or person may make a submission that a Party to the agreement is failing to effectively enforce its environmental law, and thus creating unfair trade practices. The scientific justification for enforcement decisions (either action or inaction) can therefore have profound international trade implications.

All of these instruments and their supporting Commissions have similar fundamental objectives of promoting sustainable economic uses of aquatic resources and conservation of aquatic ecosystems. Importantly, as highlighted in the recommendations in the *2001 Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development* (Auditor General's Office), they also reinforce the requirement of strong and ongoing Canadian aquatic science support to achieve their goals of sustainable use and conservation.

Aboriginal Relationships

In addition to these international instruments, federal legislation, and federal-provincial agreements, Canada's aboriginal people have a crucial place in jurisdictional landscape relevant to aquatic sciences. The relationships between governments and aboriginal people are complex and continue to evolve through legal channels and other means. Aboriginal and treaty rights are protected under the *Constitution Act*, 1982 and have been elaborated on in a number of Supreme Court of Canada decisions. As partners in understanding and managing aquatic ecosystems, and as users of scientific advice and products, the evolving role of aboriginal people, too, brings greater demands for science support from DFO and its partners.

Policy Framework

Federal and departmental policies augment the legal foundation of DFO's mandate and the consequent demands for aquatic science. We are more likely to see changes in these policies than in the legislative framework, but the changes are likely to be adaptive, and not major repudiation of the course they lay out. The principles of the Social Union Contract will remain the basis for the relationship between government and civil society. The federal policy on Risk Management, the *Principles and Guidelines for Science Advice for Government Effectiveness* (SAGE), and for application of the Precautionary Approach/Principle will still be the basis for the role of science in governance. Governance will be participatory; science will inform and support.

Strategic Direction

DFO directs its medium-term planning within the legal and policy framework with its series of strategic plans, such as: 1) *Fisheries and Oceans Canada Strategic Plan: Moving Forward with Confidence and Credibility, 2000;* 2) *Setting a Course for the New Millennium: A Scientific Strategic Plan for Fisheries and Oceans Canada; and* 3) *Fisheries and Oceans Canada Sustainable Development Strategy: Building Awareness and Capacity – An Action Plan for Continued Sustainable Development 2001-2003*. These undergo significant revision at least twice a decade, and hence will determine much less about the expectations of aquatic science in 20 years. However, major department policies are more durable, such as *The Department of Fisheries and Oceans Policy for the Management of Fish Habitat, 1986*. Major policy overhauls of Atlantic and Pacific fisheries (*Atlantic Fishery Policy Review, Wild Salmon Policy, New Directions for Pacific Fisheries*) when implemented, may lay out the nature of fisheries and hence the needs for science information and advice, for many years to come. The *draft National Freshwater Fisheries Strategy, 2002* may do likewise for responsibilities and demands on science in freshwater systems. Some other areas of importance to the Department are currently addressed through

strategy documents, such as the *Aboriginal Fisheries Strategy* and the *Aquaculture Strategy*, which may evolve over time into more formal policies. At all these stages, however, these areas, too, require significant science support for program and industry development and decision-making.

Interjurisdictional Agreements in Canada

The Government of Canada and DFO work with other levels of government to achieve their mandates, sometimes formalizing these arrangements in inter-jurisdictional agreements, which also translate into commitments for dedication of aquatic science program effort. Examples of these arrangements include the *Agreement on Interjurisdictional Cooperation with Respect to Fisheries and Aquaculture, 1999*, the *draft National Freshwater Fisheries Strategy, 2002*, and bilateral agreements on various themes with Alberta, British Columbia, New Brunswick, Ontario, and the Yukon. The special status of Wildlife Management Boards in the North is yet another aspect of the conservation and management of Canada's aquatic resources, and another area where aquatic sciences have a necessary role in provision of information and advice. The 2002 *Canada – Ontario Agreement respecting the Great Lakes Basin Ecosystem (COA)*, as a further example, supports domestic commitments under the Canada – U.S. *Great Lakes Water Quality Agreement*. DFO, along with Environment Canada and provincial agencies, has made specific commitments (requiring aquatic science support) to contribute to delivery of *COA* goals, results, and deliverables.

Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

L'avenir des science aquatiques au Canada (l'accent sur l'eau douce)

Bob Beecher et Evan Thomas

pour
Pêches et Océans Canada
Région du Centre et de l'Arctique
867 rue Lakeshore
Burlington, Ontario
L7R 4A6

2003

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2475

Canada

Rapport technique canadien
Des sciences halieutiques et aquatiques 2475

L'avenir des sciences aquatiques au Canada (l'accent sur l'eau douce)

Bob Beecher et Evan Thomas

pour
Pêches et Océans Canada
867 rue Lakeshore
Burlington, Ontario
L7R 4A6

Envoyer votre correspondance à :
John Cooley
Directeur régional des sciences
à l'adresse ci-dessus

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada, 2003

Cat. No. FS 97-6/2475F

ISSN 0706-6457

MPO/2003-220

On devra referer comme suite à cette publication:

Beecher, B. et Thomas, E. 2003. L'avenir des sciences aquatiques au Canada (l'accent sur l'eaudouce). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2475 iv + 40p.

This report is also available in English.

RÉSUMÉ

Beecher, B., et E. Thomas. 2003. L'avenir des science aquatiques au Canada (l'accent sur l'eau douce). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2475: iv + 40p.

Ce texte vise à stimuler la réflexion pour prévoir l'avenir des sciences halieutiques et aquatiques d'eau douce au Canada. Il a servi de document de travail lors d'un atelier national sur l'avenir des sciences aquatiques, où l'on a rassemblé les idées de la communauté scientifique canadienne en ce qui concerne les changements qui devront être apportés à la recherche sur les eaux douces, en particulier celle menée par le MPO, durant les deux prochaines décennies. Les stratégies actuelles et passées mises en œuvre par les principaux intervenants pour gérer et conserver les ressources aquatiques du Canada pourraient ne plus être efficaces en 2020. Dans ce document, nous identifions les mandats des diverses instances responsables de la recherche sur les eaux douces ainsi que des enjeux et facteurs qui la détermineront au cours des deux prochaines décennies. En comparant la demande actuelle en matière de recherche sur les eaux douces et celle prévue dans vingt ans, nous relevons clairement les lacunes des programmes et mettons ainsi en évidence les réorientations qui seront nécessaires. Nous recommandons notamment de renforcer la recherche dans les domaines des sciences aquatiques qui font déjà partie du programme scientifique du MPO et d'y ajouter d'importants nouveaux domaines liés aux eaux douces. En outre, nous reconnaissons l'importance de la collaboration et du partenariat, des communications efficaces et de la gestion de l'information, ainsi que la nécessité d'équipes multidisciplinaires, qui devront de plus en plus comprendre des spécialistes des sciences sociales.

[Les auteurs ont preparé ce rapport sous contrat au Ministère de Pêches et Océans]

ABSTRACT

Beecher, B., et E. Thomas. 2003. L'avenir des science aquatiques au Canada (l'accent sur l'eau douce). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2475: iv + 40p.

The purpose of this paper is to stimulate informed thinking in an effort to forecast the future of freshwater fisheries and aquatic sciences in Canada. It served as a discussion paper at a national aquatic science futures workshop, which consolidated views of the Canadian science community with regard to what changes will be needed in freshwater science generally, and particularly, in DFO science over the next two decades. Current and past strategies for conservation and management of Canada's aquatic resources by key stakeholders may not be effective in 2020. This document identifies jurisdictional and legal mandates and the array of issues and drivers of Canada's freshwater aquatic sciences for the next two decades. By contrasting the freshwater demands seen today and expected twenty years ahead, the gaps and hence, program shortfalls are clearly identified and can reveal the shifts in focus that will be required. Recommendations include both the addition of major new areas of freshwater science, and continued commitment to and strengthening of areas of aquatic science which are currently part of the science program at Fisheries and Oceans Canada (DFO). The highlights include further acknowledgement of the importance of collaboration and partnering, effective communications, and information management as well as the need for multi-disciplinary teams that increasingly involve the social sciences.

[The authors prepared this report under contract to the Department of Fisheries and Oceans]

Table des matières

Resumé iii
Abstract iii
1.0 Introduction 1
2.0 Contexte 1
2.1 Importance des ressources aquatiques en eau douce au Canada 1
2.2 Portée et rôle de la science 2
3.0 Compétences et mandat statutaire en matière d'eau douce 2
4.0 Conditions prévues et attentes relatives aux sciences aquatiques en eau douce pour 2020 3
4.1 Demandes de la population humaine 3
4.1.1 Changement démographique 3
4.1.2 Développement économique 5
4.1.2.1 Développement urbain 5
4.1.2.2 Production d'énergie hydroélectrique 5
4.1.2.3 Agriculture 5
4.1.2.4 Aquaculture 6
4.1.2.5 Transport et navigation 6
4.1.2.6 Autres développements liés aux ressources 7
4.2 Priorité à l'environnement et à sa durabilité 7
4.2.1 Risques en matière d'environnement pour la santé humaine 7
4.2.2 Demandes concurrentielles en eau 8
4.2.3 Conservation de la biodiversité naturelle 8
4.2.3.1 Biodiversité aquatique au Canada 8
4.2.3.2 Espèces en péril 9
4.2.3.3 Approche écosystémique 9
4.2.3.4 *Loi sur les pêches* et protection de l'habitat du poisson 10
4.2.3.5 Espèces envahissantes 11
4.2.4 Répercussions du changement climatique 11
4.3 Progrès technologiques rapides 12
4.4 Gouvernance et responsabilisation 15
4.4.1 Partenariats 16
4.4.2 Connaissances scientifiques, recrutement et perfectionnement professionnel 17
3.0 Besoins et attentes en matière scientifique pour 2020 19
5.1 Utilisation d'une approche écosystémique 19
5.2 Populations et habitats aquatiques en eau douce 21
5.3 Espèces dulcicoles 22
5.4 Gestion de l'information et nouvelles technologies 23
5.5 Compréhension socio-économique 24
5.6 Hydrographie 25
5.7 Collaboration et approches scientifiques 25
6.0 Changements qui interviendront dans les sciences aquatiques d'ici 2020 25
7.0 Remerciements 30
8.0 Liste de références 31
9.0 Annexes 34

1.0 Introduction

La conservation et la gestion des ressources aquatiques du Canada concernent un large éventail d'organismes gouvernementaux et d'organisations d'intervenants. Au fur et à mesure que se produisent des changements sur le plan de l'environnement, de la société et de l'économie, et ce, de plus en plus fréquemment, ces organisations doivent réévaluer leurs activités et les adapter, afin d'aborder les nouvelles réalités. Il est important que ces adaptations se fassent dans le cadre d'une perspective éclairée de l'avenir à long terme et que le changement intervienne de façon aussi proactive que possible.

Le but du présent document consiste à susciter une réflexion éclairée en vue de prévoir l'avenir des pêches en eau douce et des sciences aquatiques au Canada en 2020, dans la mesure où il correspond aux besoins à long terme des Canadiens et aux prochains programmes du ministère des Pêches et des Océans (MPO). Récemment, le MPO a établi sa stratégie en matière scientifique pour le prochain terme de cinq ans dans son *Plan stratégique* des sciences de 2000. Dans le présent document, on a l'intention de se pencher sur les faits de plus près, afin d'anticiper les éléments moteurs précis des sciences aquatiques en eau douce au cours d'une période plus longue, et d'examiner les rôles du MPO dans un contexte plus large. Cette étude s'est inscrit dans le cadre de la préparation d'un atelier national sur l'avenir des sciences aquatiques, qui se tenu en mai 2003.

Tout d'abord, on déterminera les principaux éléments moteurs, ou les conditions prévues de ce que le public canadien attendra des sciences aquatiques en eau douce dans vingt ans. Certains de ces éléments découlent du changement du milieu et d'autres, du changement de la société, les deux étant fréquemment liés. Ces éléments moteurs déterminent les types de soutien scientifique que la société exigera, et ces exigences déterminent à leur tour les points que l'on abordera dans 20 ans, dans le cadre des pêches en eau douce et des sciences aquatiques. Comparer ces besoins dans 20 ans avec ce que l'on fait actuellement révélera les changements d'orientation requis.

2.0 Contexte

2.1 Importance des ressources aquatiques en eau douce au Canada

Les ressources en eau douce du Canada sont essentielles à l'hygiène globale et à la qualité de vie de cette nation. En plus de subvenir à la plupart des besoins fondamentaux, tels que l'eau potable, elles offrent un habitat aux communautés aquatiques; elles apportent de la nourriture, elles font l'objet d'un emploi social et cérémonial par les Autochtones et elles sont nécessaires pour les transports, l'énergie hydroélectrique, les loisirs et l'eau traitée de la société.

Au Canada, les ressources de pêches en eau douce sont importantes. La pêche en tant que loisir concerne 20 p. 100 de la population et entraîne des dépenses de plusieurs milliards de dollars par année, principalement en ce qui a trait à l'activité en eau douce. De même, on pêche des poissons d'eau douce pour le commerce grâce aux Grands Lacs, dont on s'enorgueillit qu'ils sont le lieu de la pêche commerciale en eau douce la plus importante au monde. Les pêches en eau douce jouent aussi un rôle important sur le plan nutritionnel et culturel dans la vie de nombreux Autochtones. L'industrie croissante de l'aquaculture du Canada génère des millions de dollars en raison des ventes qui sont en train de grimper. Des collectivités entières dépendent des pêches pour leur bien-être économique et social. En clair, les ressources des pêches en eau douce du Canada continuent à jouer un rôle important dans le façonnement de la nature de nombreuses parties de cette nation.

Les Canadiens dépensent aussi des milliards de dollars dans la navigation de plaisance et l'économie du pays repose fortement sur la navigation commerciale, une autre industrie croissante.

2.2 Portée et rôle de la science

Le Canada renferme des centaines de milliers de plans d'eaux intérieures (environ 8 p. 100 de sa superficie totale) avec des milliers et des milliers de kilomètres de lacs d'eau douce et de berges de rivières. Le mandat du MPO nécessite de connaître les ressources des pêches en eau douce, les milieux aquatiques, la navigation et les façons de s'assurer de la durabilité des poissons propres à la consommation humaine.

Les clients d'eau douce du MPO sont aussi variés que les pêcheurs sportifs, l'industrie de la pêche commerciale, les Autochtones qui vivent des écosystèmes aquatiques et y imprègnent leur patrimoine, la navigation de plaisance et de transport maritime, l'aquaculture et les industries du tourisme. Citons des industries telles que l'exploration et le développement énergétique, la foresterie, l'exploitation minière et l'agriculture qui peuvent nuire à la qualité des habitats aquatiques. Constituent aussi des clients les organismes voués à la protection de l'environnement et les citoyens préoccupés par les ressources naturelles du Canada et par la façon dont on les utilise.

En règle générale, on peut considérer la science comme une connaissance systématique et établie, se rapportant, dans le cas présent, aux écosystèmes d'eau douce et aux ressources des pêches. Le gouvernement du Canada expose, comme suit, sa vision pour la science et la technologie (annexe 1) : «*Les efforts du gouvernement fédéral dans le domaine des sciences et de la technologie permettront de déterminer les nouvelles questions d'importance pour les Canadiens et les Canadiennes, et de se réorienter en réponse aux besoins changeants en matière de santé et de sécurité, de sécurité publique, de ressources naturelles et d'environnement, ainsi que sur la croissance de l'économie du savoir.*» Le Conseil d'experts en sciences et en technologie (CEST) du Canada définit les quatre rôles des activités en matière de science et de technologie que mène le gouvernement (annexe 1) et insiste sur le fait que les ministères et les organismes ne devraient se livrer qu'à la science et à la technologie qui sont nécessaires afin de soutenir le mandat du ministre, et qui ne peuvent s'obtenir plus efficacement par d'autres sources. Pour ce qui est de la science en eau douce au Canada, le MPO reconnaît l'ensemble de ces rôles pour le gouvernement, comme le traduit son *Énoncé de vision*, son *Plan stratégique* et son ensemble de programmes.

3.0 Compétences et mandat statutaire en matière d'eau douce

La première étape de la prédiction de l'avenir de la science en eau douce, dans la mesure où il se rapporte au MPO et à ses principaux partenaires, consiste à examiner les engagements actuels qui figurent dans les lois, les accords et les politiques. Les responsabilités que la loi impose au MPO comprennent la protection et la conservation des pêches et des habitats du poisson du Canada (article 91, alinéa 12, de la *Loi constitutionnelle* de 1987 et de la *Loi sur les pêches*), la protection contre la pollution (*Loi sur les pêches* et *Loi sur la marine marchande*) et de nombreux aspects de la sécurité sur l'eau (*Loi sur la protection des eaux navigables, Loi sur les océans*). Les articles 36 à 42 de la *Loi sur les pêches* (aspects traitant du contrôle des polluants touchant les poissons) sont appliqués par Environnement Canada, avec le concours du MPO, dans le cadre de l'établissement des priorités fédérales visant à protéger les poissons et leurs habitats des substances nocives. Dans ses activités, le MPO se laisse guider par des lois telles que la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, la *Loi sur les espèces en péril* et la *Loi sur les produits antiparasitaires*, lois dans lesquelles d'autres ministères peuvent jouer un rôle prépondérant, mais dans lesquelles le MPO assume les rôles principaux en ce qui concerne les écosystèmes d'eau douce. Le MPO a aussi des responsabilités vis-à-vis de la loi, aux termes des règlements de la revendication territoriale des Autochtones, liées à l'eau douce et au poisson frais.

Malgré une délégation importante de l'administration de la gestion des pêches aux provinces, le gouvernement fédéral reste responsable et redevable de tous les aspects de la *Loi sur les pêches* en eau douce.

Environnement Canada joue aussi un rôle important dans la protection de la viabilité des écosystèmes d'eau douce du Canada, avec des responsabilités comme elles sont soulignées dans la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE), 3e partie, articles 43, 44, 46, etc. De plus, en tant que chef de file en ce qui concerne la coordination des contributions et des programmes connexes de *l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs* (ARQEGL) *Canada–États-Unis*, Environnement Canada compte sur le MPO en sa qualité de principal partenaire dans le programme fédéral canadien des Grands Lacs. De plus, le MPO constitue aussi l'un des signataires, avec Environnement Canada, de l'*Accord Canada – Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs* (ACO), instrument essentiel afin de soutenir les engagements nationaux à l'égard de l'ARQEGL.

Les responsabilités que la loi impose au MPO sont accompagnées d'une série de politiques et de stratégies ministérielles fondamentales, ainsi que d'engagements importants à l'égard de traités, d'accords et d'instruments bilatéraux et multilatéraux (annexe 2).

Tandis que le mandat du MPO se rapporte aux activités émanant de la responsabilité constitutionnelle fédérale qui consiste à protéger les pêches et l'habitat du poisson du Canada, il faut interpréter ce mandat, au sens large, à la lumière de la nécessité d'adopter une approche écosystémique pour la conservation. L'expansion du programme de protection d'habitat du poisson dans les zones d'eau douce ainsi que les nouvelles responsabilités concernant les espèces en péril nécessitent clairement un aperçu général des travaux de recherche du MPO sur l'eau douce.

4.0 Conditions prévues et attentes relatives aux sciences aquatiques en eau douce pour 2020

Les éléments moteurs influençant les pêches en eau douce et les sciences aquatiques en 2020 seront définis par les conditions existantes à ce moment-là, et les attentes de la société qui en découlent en ce qui concerne le leadership et l'action du gouvernement. La prise de décisions efficaces en matière de gestion continuera à reposer sur une science de haute qualité. Dans les décennies à venir, on s'attend à ce que l'intérêt considérablement croissant du public et sa préoccupation quant à la viabilité des pêches et de l'environnement de ces dernières années, continuent à s'intensifier. On aura besoin de la science pour soutenir les responsabilités pour lesquelles le MPO a reçu un mandat (p. ex. la protection de l'habitat du poisson, l'évaluation environnementale, la gestion des pêches, la planification, etc.) et en particulier pour la recherche, la théorie, l'analyse, la surveillance et l'apport de conseils. On doit souvent fournir de tels conseils en l'absence de renseignements définitifs (c.-à-d. de gestion du risque) et sans comprendre clairement tout l'éventail des effets cumulatifs.

4.1 Demandes de la population humaine

4.1.1 Changement démographique

D'ici 2020, les données démographiques humaines auront des répercussions bien plus importantes sur les ressources en eau douce qu'elles n'en ont eu au tournant du siècle. On prévoit qu'en 2020, la population du Canada s'élèvera à 35,4 millions d'habitants, ce qui représente une augmentation de 14 p. 100 par rapport aux 31 millions d'habitants de 2000. La croissance de cette population dépendra en grande partie de l'immigration et non des naissances, immigration qui fera du Canada le pays le plus diversifié au monde sur le plan ethnique. Le vieillissement de la population du Canada concernera plus de 40 p. 100 des Canadiens de plus de 50 ans, par rapport à 29 p. 100 seulement en 2000. Cette nouvelle

donnée aura un effet sur l'utilisation des ressources, les conditions économiques, les recettes fiscales et la population active scientifique.

L'urbanisation se poursuivra et plus de 80 p. 100 des Canadiens vivront dans des zones non rurales. Ce phénomène concentrera les pressions des promoteurs dans des lieux précis, à haute densité, tels que le sud de l'Ontario, Vancouver, Montréal, la région de la capitale nationale et le corridor Calgary-Edmonton, avec encore bien d'autres lieux. Le taux de croissance le plus rapide se produira en fait dans les territoires, étant donné que les possibilités économiques déplacent les personnes vers le Nord, bien que les chiffres réels resteront relativement peu élevés.

La croissance générale de la population intensifiera le besoin de protéger les ressources aquatiques des activités de développement, dont l'expansion domiciliaire et le développement industriel, la construction des autoroutes et les développements récréatifs (p. ex. les terrains de golf et les pistes de ski). La croissance de la population entraînera aussi une hausse des pressions d'exploitation sur les stocks sauvages. De plus, un monde plus riche considérera le Canada comme un lieu invitant afin de se retrouver à la nature et d'aller à la pêche. Les rivières et les lacs arctiques et subarctiques accueilleront notamment un niveau élevé de pêcheurs qu'il sera difficile de gérer. Toutefois, les personnes paieront pour avoir l'occasion de venir au Canada et y trouver un environnement qu'ils ont perdu là d'où ils viennent. D'importants contrôles réglementaires seront nécessaires sur l'effort et la prise (pêches récréative et commerciale, ainsi que pêche de subsistance).

À la suite du déclin de la participation à la pêche récréative pendant les années '90, l'intérêt augmentera en conséquence d'efforts promotionnels exclusifs. La participation sera plus élevée, notamment dans les milieux urbains, où l'on mettra en œuvre de vastes programmes pour attirer les jeunes et les immigrants dans cette activité. Étant donné que la population canadienne vieillit et que de plus en plus de personnes prennent leur retraite, on s'attend aussi à une hausse de l'intérêt pour la pêche récréative et à une hausse de participation. De même, un intérêt accru pour une production piscicole améliorée se développera, comparable à de telles pratiques d'amélioration que l'on utilise désormais régulièrement dans l'agriculture et la foresterie. On ciblera les pêches récréatives des zones urbaines pour une production améliorée, afin de répondre aux demandes de plus en plus nombreuses du tourisme et de l'intérêt public.

Les débats sur l'économie et l'environnement modifieront les activités de pêche en eau douce, qui s'éloigneront de plus en plus de la pêche commerciale en faveur de la pêche récréative, en particulier pour les espèces très recherchées telles que le doré jaune et la truite grise. On s'attend à ce que la production de l'aquaculture serve à remplir une partie importante de la demande croissante de poisson consommable. Il y aura des possibilités, et on les encouragera, de pêcher des populations abondantes d'espèces envahissantes en tant que solutions de rechange par rapport à des stocks indigènes en diminution. Ces populations fourniront des sources non traditionnelles de protéines de poissons, qu'accepteront avec empressement les membres des populations ethniques en expansion, qui connaissent certaines de ces espèces, ainsi que d'autres en raison de techniques de marketing novatrices.

La navigation de plaisance poursuivra son ascension qui s'explique par la croissance de la population et la vaste promotion de l'activité. En conséquence de cet intérêt, on enregistrera une hausse de la demande d'aides électroniques et interactives à la navigation ainsi que de documents graphiques précis. Avec la hausse de l'activité de plaisance, on constatera une préoccupation largement répandue parmi le public en ce qui concerne les répercussions des sillages et de la perturbation générale des habitats et des espèces aquatiques. Les hors-bord atteindront de plus en plus un haut rendement énergétique et seront de plus en plus acceptables, sur le plan de l'environnement, en raison de nouveaux règlements rigides et de l'avènement de nouvelles technologies. Toutefois, en raison du niveau d'activité générale, il faudra procéder à une surveillance régulière des polluants liés à la navigation et à la perturbation physique.

Une demande accrue de chalets fera peser une pression supplémentaire sur les milieux relativement «vierges», ainsi que sur ceux qui subissent déjà une quantité d'agressions. Le défi consistera à maintenir la viabilité de ces écosystèmes, ainsi que les valeurs sociales et économiques qui y sont associées (esthétique, tourisme et valeurs des biens). De plus, l'industrie de l'écotourisme se développera considérablement, d'après les activités d'une population mûre et son intérêt pour les vacances éducatives, centrées sur l'initiation au monde naturel. En même temps que cette activité, on aura besoin d'évaluer les répercussions de l'accès en hausse et de la perturbation qui en découle, notamment dans les milieux sensibles du Nord.

4.1.2 Développement économique

Des activités nouvelles ou en expansion, liées au développement économique en cours d'ici 2020 auront des répercussions importantes sur les ressources en eau douce du Canada. On aura besoin de renseignements scientifiques solides s'il faut les mettre en pratique de façon durable, sur le plan de l'environnement, conformément au cadre de réglementation. Les plus importantes activités de développement les plus importantes en ce qui concerne l'eau douce sont décrites plus bas.

4.1.2.1 Développement urbain

On constatera au Canada une hausse de la construction d'immeubles résidentiels et industriels, de routes et d'installations de traitement des déchets, au fur et à mesure que la population continuera à se développer, notamment dans les grands centres urbains. L'étalement urbain se poursuivra, sachant qu'une grande partie de la population parcourera de longues distances pour se rendre au travail ou travaillera à distance dans des bureaux à la maison, dans le cadre d'une ère du savoir prégnante. Les volumes de rejet des eaux usées traitées (avec les contaminants hormonoperturbants, les produits pharmaceutiques et les nutriants) augmenteront en conséquence dans les zones géographiques concentrées.

4.1.2.2 Production d'énergie hydroélectrique

Un besoin d'énergie croissant continuera à imposer des taxes aux installations existantes, et l'on recherchera des solutions de rechange électriques «propres», conformes aux engagements fédéraux et provinciaux quant aux cibles de Kyoto. En conséquence des arrêts d'exploitation de la plupart des installations thermiques alimentées au charbon et d'une poussée seulement modeste des technologies alternatives, telles que le vent, l'énergie hélio-électrique et l'énergie solaire, l'énergie hydroélectrique continuera à constituer la principale solution d'électricité du Canada. Les possibilités économiques que présentent les marchés lucratifs des É.-U. alimenteront aussi cet intérêt. La production d'énergie hydroélectrique du Canada représente actuellement environ 65 p. 100 de son potentiel économique évalué à 523 TWh par année. La principale solution d'énergie de rechange résidera dans la technologie de la pile à hydrogène. Entre 2015 et 2020, cette dernière connaîtra une expansion extraordinaire et sera principalement utilisée par l'industrie automobile. Elle engendrera l'«économie hydrogène», considérée comme une solution de rechange de l'industrie pétrolière en carbone. Même si la production d'hydrogène à partir de l'eau par électrolyse continue à nécessiter des quantités importantes d'électricité, on réalisera des diminutions considérables dans l'élimination par combustion des combustibles fossiles.

4.1.2.3 Agriculture

Les hausses de la population mondiale et canadienne entraîneront une demande de produits alimentaires grandement diversifiés et d'activité agricole connexe. Le réchauffement mondial donnera lieu à des sécheresses de plus en plus fréquentes et à l'apparition de régions arides au Canada et aux É.-U., alors que les saisons de végétation productives s'étendront dans certaines régions. On pratiquera l'agriculture

intensive sur les terres les plus fertiles. Des besoins essentiels d'irrigation de l'agriculture placeront des demandes importantes sur les ressources en eau douce. La hausse des intrants en termes de nutriants et des répercussions physiques sur les bassins récepteurs découlera de la hausse de la production des cultures vivrières, malgré les progrès enregistrés relativement à l'agriculture «verte» et aux plans environnementaux en agriculture. Le changement climatique se produisant dans des zones marginales pour les récoltes actuelles, entraînera de grandes modifications dans les types de plantes cultivées sur de grandes étendues au Canada. La conversion largement répandue des récoltes céréalières en parcs d'engraissement, notamment pour les porcs, se produira dans l'ensemble des Prairies. L'utilisation de toute une série d'herbicides et de pesticides continuera à susciter des inquiétudes pour la viabilité des cours d'eau naturelle.

4.1.2.4 Aquaculture

Le besoin d'une nourriture saine et les importantes possibilités économiques et professionnelles, conjugués à un déclin général des stocks d'eau douce sauvages cultivés pour le commerce, donneront lieu à une expansion continue de l'aquaculture au Canada. Actuellement, l'aquaculture en mer et les aliments piscicoles constituent les deux systèmes de production croissante les plus rapides de la planète. D'ici 2020, ce phénomène se poursuivra à un taux sans précédent. La préoccupation du public quant aux espèces introduites, à la dégradation de l'habitat local et au risque de maladie déclinera au fur et à mesure de l'adoption de protocoles et de principes directeurs scientifiques. Toutefois, étant donné l'importance économique en expansion de l'industrie, qui dépassera largement les arrivages de poisson commercial d'eau douce, on continuera à effectuer une surveillance minutieuse et une adaptation. Les questions au sujet de la santé des animaux aquatiques augmenteront et les perturbations de l'environnement, dues aux espèces envahissantes et au changement climatique, donneront accroiteront le risque de nouvelles maladies (que l'on n'avait pas détectées auparavant). La grande diversité des espèces et leur nombre continueront à augmenter, ce qui nécessitera une évaluation continue des risques concernant les espèces, la composition génétique, les agents pathogènes et les répercussions sur les écosystèmes aquatiques.

4.1.2.5 Transport et navigation

L'industrie du transport poursuivra son ascension, notamment dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent. Comme la demande de transport de masse bon marché se maintiendra, l'intérêt renouvelé par le gouvernement des É.-U. et l'industrie du transport mettra l'accent sur l'augmentation de la profondeur minimale de navigation dans les Grands Lacs (de 27 à 35 pieds), permettant ainsi à de plus gros bateaux de circuler, à des coûts encore plus bas. Toutefois, cette situation serait susceptible de créer des défis pour l'environnement, en raison des risques de sédimentation, de l'émission de contaminants, de lest liquide (espèces exotiques) et de perturbations hydrologiques. L'industrie du transport réclamera des aides électroniques à la navigation précises et «en temps réel», afin de permettre le passage en toute sécurité, à la lumière des fluctuations du niveau d'eau régulier dans les Grands Lacs, entraîné de plus en plus par les effets du réchauffement de la planète.

On s'attend à ce que le réchauffement de la planète permette une expansion du transport jusqu'au port Churchill, dans la baie d'Hudson, ainsi qu'une ouverture de la voie de circulation du passage du Nord-Ouest pendant plusieurs mois de l'année. Ces évolutions entraîneront des risques pour les écosystèmes d'eau douce (et marins), parmi lesquels on retrouve l'introduction d'espèces envahissantes par de lest liquide, les déversements accidentels de cargaisons à haut risque (substances toxiques, produits pétrochimiques), et les perturbations physiques occasionnées par les bateaux. L'accès amélioré au port de Churchill permettra une augmentation du développement du Nord, c'est-à-dire de l'exploration et de la production pétrolière, des pipelines, de l'extraction minière (p. ex. les diamants et les métaux), des routes, des autoroutes, du logement et des infrastructures connexes, en même temps qu'un développement économique supplémentaire. On enregistrera aussi des transports réguliers sur le

fleuve Mackenzie et à l'intérieur du Grand lac des Esclaves, avec la croissance prévue de la population et les pressions identiques des promoteurs. L'augmentation de la construction des routes comprendra les grands corridors, tels que celui qu'on envisage actuellement pour relier Winnipeg à Rankin Inlet. L'intérêt accru de la pêche commerciale, sportive, touristique et de subsistance, associé à un meilleur accès, fera peser une pression supplémentaire sur les stocks de poissons.

4.1.2.6 Autres développements liés aux ressources

Le développement économique se poursuivra dans la **gestion des forêts**, avec une progression vers le Nord et des répercussions liées à l'accès, à l'exploitation et à la régénération. **L'exploration et la production du pétrole et du gaz naturel** se poursuivront au Canada. **L'extraction minière** dans le Grand Nord continuera à être très importante sur le plan économique. Avec plus de 130 mines métallifères qui se déversent dans les systèmes d'eau douce existant au Canada, les défis concernant l'évaluation, l'atténuation, la compensation et la surveillance des risques, continueront à augmenter. Par exemple, les inquiétudes liées à l'exploitation aurifère et à l'extraction de l'uranium ainsi qu'aux contaminants connexes (arsenic, nickel et sélénium) se multiplieront. On appliquera de nouvelles technologies dans les zones traditionnelles, afin d'exploiter les forêts, d'extraire les ressources pétrolières et les ressources des mines à des endroits que l'on considérait auparavant comme marginaux ou inexploitables sur le plan économique.

4.2 Priorité à l'environnement et à sa durabilité

4.2.1 Risques en matière d'environnement pour la santé humaine

En 2020, la préoccupation du public au sujet des risques en matière d'environnement pour la santé humaine, continuera à constituer un enjeu principal pour les Canadiens. L'air que nous respirons, l'eau que nous buvons, la nourriture que nous mangeons, la radiation à laquelle nous nous exposons et les produits que nous utilisons, seront tous l'objet de normes de qualité strictes et d'une responsabilité politique. La préoccupation du public pour de l'eau potable saine amènera des préoccupations d'ordre plus général en matière de salubrité de l'environnement, ce qui nécessitera un partenariat étroit, analysé de près, des commissions des eaux et des organismes de santé (Santé Canada, Environnement Canada, MPO, organismes provinciaux). On définira clairement les mandats des organismes responsables, ainsi que les contrats de responsabilisation, et ce, afin de s'assurer que les mesures de protection essentielles sont en place. Les configurations de partenariats précis peuvent changer, mais la collaboration restera le modèle de fonctionnement standard. L'élaboration d'une stratégie nationale sur l'eau servira à concentrer les efforts d'une vaste coalition de partenaires, dans le but d'éviter une crise écologique imminente touchant l'eau douce.

Environnement Canada a déterminé l'éventail des menaces actuelles qui pèsent sur l'eau potable et la santé de l'écosystème aquatique. Tandis que, d'ici 2020, on fera des progrès dans un grand nombre de ces domaines, toutes les catégories exigeront une compréhension scientifique supplémentaire importante. Bien que la pollution et que les substances polluantes soient du ressort d'Environnement Canada, leurs effets ne se produisent pas seulement sur la santé humaine, mais aussi directement sur l'écosystème aquatique. Par conséquent, ces phénomènes demandent une collaboration scientifique étroite. Parmi les menaces cernées, citons les agents pathogènes aquatiques, les toxines, les goûts et les odeurs algaires, les pesticides, les polluants organiques continus et le mercure, les substances de dérégulation endocrinienne, les nutriants, à savoir l'azote et le phosphore, l'acidification hydrique, les effets écosystémiques des organismes génétiquement modifiés, les effluents d'eaux usées municipales, les déversements industriels localisés (pulpe et papier, extraction minière, produit pétrochimique), les écoulements urbains, les décharges contrôlées et l'élimination des déchets, les répercussions de l'utilisation des terres agricoles et du sol forestier, les sources naturelles de contaminants d'oligo-

éléments, les répercussions des digues et des déviations ainsi que du changement climatique (hydrométrique).

La dégradation des eaux souterraines et de surface, due aux déchets de l'agriculture, des eaux usées et des polluants industriels, en même temps que le sabotage de l'approvisionnement d'eau, resteront des préoccupations dominantes en matière de santé.

En termes de principes directeurs quant à la consommation de poissons, le mercure restera un problème important au Canada. Le réchauffement du climat peut en fait augmenter la quantité de mercure que l'on trouve dans la faune aquatique. Les herbicides, les pesticides, les résidus des produits pharmaceutiques et les analogues de l'endocrine, se répandront de plus en plus dans les voies navigables, en raison de la croissance et du vieillissement de la population, ainsi que du changement climatique et de l'usage accru des eaux. L'industrialisation mondiale continue produira toute une série de nouveaux composants chimiques et le brûlage en hausse du charbon en Chine provoquera, dans le nord du Canada, des problèmes de contamination au mercure continus et croissants, par l'intermédiaire du transport et du dépôt atmosphérique. Le transport de polluants organiques persistants, connus pour poser des problèmes aux poissons et à l'usage humain du poisson, s'ajoutera aussi aux préoccupations du public concernant les contaminants qui se trouvent dans les poissons, donnant lieu à des fermetures de pêcheries et à un examen plus attentif des résultats du programme d'échantillonnage. Les agents pathogènes introduits dans les voies navigables par le lest liquide soulèveront l'inquiétude du public.

En règle générale, les objectifs de qualité de l'eau réceptrice ambiante pour les contaminants utilisés dans les règlements visant à protéger la vie aquatique et à empêcher des effets négatifs pour les poissons et leurs habitats, continueront à être plus rigoureux que ceux que l'on utilise pour les normes de qualité de l'eau potable. Les Canadiens apprécieront de plus en plus que les eaux protégées pour la survie, la croissance et la reproduction des poissons, soient des eaux sans danger pour la consommation humaine.

4.2.2 Demandes concurrentielles en eau

D'ici 2020, la hausse de la population, l'urbanisation et le réchauffement de la planète donneront lieu à des demandes concurrentielles en eau fraîche, en particulier au centre du continent et dans les régions du Sud-Est des É.-U. Ces demandes en eau fraîche (dont la commercialisation) serviront à des besoins qui vont au-delà de la salubrité de l'environnement, dont, principalement, l'eau potable et la production d'énergie hydroélectrique, ainsi que les processus d'irrigation, de transport et les processus industriels, les développements des usines de pâte et de l'extraction de minerais métalliques, ainsi que le traitement des déchets.

De nombreuses déviations à très petite échelle, dans le bassin des Grands Lacs et provenant de celui-ci, fourniront de l'eau fraîche pour la consommation municipale et pour l'élimination des déchets dans les bassins récepteurs voisins. Un plan étudié afin de diffuser l'eau d'irrigation de la rivière Missouri au nord-est du Dakota du Nord causerait des risques possibles aux eaux du Manitoba et du bassin récepteur de la Baie d'Hudson. On envisagera de plus en plus d'importantes déviations d'eau fraîche pour l'approvisionnement d'eau et le traitement des déchets. Citons, par exemple le projet du canal GRAND qui consiste à dévier de l'eau douce du bassin récepteur de la Baie James vers les Grands Lacs, et le projet de l'Alliance nord-américaine pour l'eau et l'énergie consistant à transporter de l'eau du Yukon à l'État de Washington.

4.2.3 Conservation de la biodiversité naturelle

4.2.3.1 Biodiversité aquatique au Canada

En 2020, les Canadiens seront préoccupés au sujet du maintien et de la restauration de la biodiversité aquatique naturelle. Ils seront les témoins de plusieurs décennies d'agressions de leur monde naturel, par l'introduction d'espèces envahissantes et de changements constants provoqués ou menacés par le développement, le réchauffement de la planète, l'ingénierie génétique, la pollution et les contaminants. On réalisera de lents progrès en ce qui concerne la *Stratégie canadienne de la biodiversité de 1995*, et les défenseurs de l'environnement exigeront une action plus concrète. On demandera des mécanismes officiels de surveillance et on mettra en place des programmes de suivi. L'un des secteurs d'intervention les plus immédiats portera sur les espèces en péril, notamment depuis l'adoption de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) et de son règlement d'application en 2003.

4.2.3.2 Espèces en péril

Un certain nombre d'espèces aquatiques seront devenues en péril au fur et à mesure de la propagation des espèces envahissantes et des pertes d'habitat, en raison des répercussions du développement et du changement climatique continu. La mise en œuvre de la LEP donnera lieu à l'élaboration et à la mise en œuvre de plans de rétablissement des espèces aquatiques, en particulier à la suite d'efforts de gérance coordonnés, mais il restera toujours du travail à faire. Le succès limité des plans de rétablissement provoquera la radiation de certaines espèces, mais on ressentira une frustration croissante quant aux augmentations nettes d'espèces en péril au Canada, malgré le fait que, dans la LEP, on accorde des droits aux espèces. L'existence de la LEP créera de nouveaux problèmes, tels que les interactions avec les pêcheries utilisant des modèles de risques. Des questions se poseront quant à savoir à quel moment pêcher et l'on mettra fin à d'autres usages des eaux si les espèces en péril sont associées à une pêcherie active ou à un autre usage important des eaux.

4.2.3.3 Approche écosystémique

L'utilisation d'une approche écosystémique holistique est fondamentale pour la préservation de la diversité biologique et on réalisera des progrès constants d'ici 2020, au fur et à mesure de l'élaboration d'une nouvelle science et d'une nouvelle technologie d'intégration. L'évaluation de l'état et de la viabilité de l'écosystème passera des assortiments ponctuels de données existantes à une surveillance et un rapport structuré des ensembles de collectivité qui avaient commencé au début du siècle. Cette situation nécessitera à son tour une planification intégrée et des approches stratégiques. Au cours de l'histoire, les recherches du MPO sur l'eau douce ont intégré l'utilisation d'une approche écosystémique afin d'étudier les répercussions sur les poissons et leurs habitats, répercussions causées par des éléments agresseurs, tels que l'ajout excessif de nutrients, l'acidification et l'altération physique (réservoirs d'eau). Les travaux entamés dans les années 70, dans la région des lacs expérimentaux (ELA), serviront de modèle à de prochaines zones d'écosystème expérimental avec de solides liens éducatifs. Le défi continu consistera à obtenir le financement nécessaire aux vastes systèmes d'information qui soutiennent cette approche.

Les organismes gouvernementaux devront toujours gérer les stocks de poissons pêchés de manière durable, mais en faisant de plus en plus attention. On gérera les récoltes avec précaution, à la lumière des épuisements précédents, des perturbations importantes pour les écosystèmes et d'une réaction sévère du public. Les décisions reposeront sur la meilleure science écologique disponible. Par ailleurs, on utilisera de plus en plus les «zones protégées aquatiques» sans récoltes pour préserver la biodiversité des écosystèmes et fournir des réservoirs d'eau pour soutenir les récoltes durables. On aura besoin de la science pour sélectionner les «zones protégées» d'eau douce les plus appropriées, et surveiller leur fonction à long terme.

Le suivi et le rapport de l'état et de la biodiversité de l'écosystème, conforme à la demande du public et des organismes de protéger des écosystèmes aquatiques sains et de surveiller leur état afin d'en rendre compte, deviendront stéréotypés. Toutefois, ce qui est crucial, c'est l'instauration rapide, dès

aujourd'hui, de programmes de base à long terme et normalisés, par rapport auxquels on peut mesurer le changement. On reconnaîtra et soutiendra l'importance des ensembles de données à long terme pour cette surveillance (p. ex. ELA, région des lacs de Turquie, etc.). Un réseau officiel de stations de surveillance, réparties stratégiquement dans tout le Canada, avec un protocole d'échantillonnage commun, intéressera les organismes des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux. On déposera les données dans un centre de données commun et on les mettra à la disposition d'un grand nombre de personnes, par l'intermédiaire d'Internet.

Les approches normalisées qui offrent une capacité de prédiction par des indicateurs, une surveillance et une modélisation, seront en place dans certaines régions, mais il en faudra davantage. Le public attendra des gouvernements qu'ils s'assurent que des pratiques responsables sur le plan de l'environnement sont en place, afin de réglementer les activités de développement. La plupart des industries adopteront des codes de pratique de fonctionnement «verts», étant donné la demande du public liée au marché pour procéder de la sorte, mais on exigera une surveillance continue du gouvernement. Les municipalités prendront plus de temps à mettre en conformité avec l'environnement leurs opérations d'eaux usées et d'eaux d'orage, bien qu'il y ait plusieurs éléments attrayants à reproduire pour les autres. Le public manifestera un vif intérêt pour l'évaluation des bénéfices et des coûts non monétaires.

Dans tout le Canada, les plans de gestion intégrée des ressources (IRM), la gestion des bassins récepteurs et les plans de protection de l'eau de source seront devenus normalisés. Ces plans comprendront les plans de gestion des pêches, à titre de sous-élément. La gestion des pêches reposera sur les risques et sera structurée autour des objectifs quantitatifs et des points de référence de conservation. On prendra des décisions sur les règles et les objectifs de contrôle des récoltes, sur lesquels on se sera mis d'accord au préalable. Le degré du risque acceptable sera l'objet du débat et nécessitera des moyens pour résoudre les jugements de valeur.

4.2.3.4 Loi sur les pêches et protection de l'habitat du poisson

La protection de l'habitat des poissons continuera à être consacrée dans la *Loi sur les pêches* et la politique relative à l'habitat des poissons. Cela sera possible grâce aux partenariats entre le personnel de l'habitat fédéral et le personnel scientifique, ainsi qu'avec le soutien des organismes provinciaux, de l'industrie et des intervenants. Le mandat de la protection de l'habitat, tel qu'il est défini dans la *Loi sur les pêches*, inspire la nécessité pour le MPO d'appliquer une approche écosystémique.

Les codes de pratique et les meilleures pratiques de gestion pour les industries qui prennent part au développement urbain, à l'agriculture, à l'aquaculture, à l'exploitation minière et à la gestion des forêts, fourniront, avec un renfort régulier, une assurance raisonnable de la protection de l'habitat du poisson. On réclamera du gouvernement une surveillance et un compte rendu. On appliquera une approche préventive et des principes de gestion d'adaptation. Les zones prioritaires de la science de l'habitat du poisson continueront à comprendre la structure et la fonction de l'écosystème (dont la détermination, la surveillance de la distribution des espèces, les relations entre l'habitat et les populations et la compréhension des processus échelonnés qui créent les habitats et les entretiennent); les effets de l'altération de l'habitat, les méthodes de restauration de l'habitat, les indicateurs des répercussions et du rétablissement ainsi que la synthèse et le transfert des renseignements, malgré les progrès enviables réalisés au cours des deux décennies précédentes. La gestion réussie de l'habitat du poisson dépendra de l'engagement sérieux d'élaborer la science requise en vue de soutenir une prise de décisions essentielles. Le besoin d'évaluation et d'amélioration de la classification des habitats aura fait son apparition, notamment en raison de son importance en ce qui concerne la simplification des décisions de l'habitat.

On répondra au contrôle des nutrients de l'eau, tels que le phosphore et l'azote, avec un succès largement répandu, étant donné l'acceptation du public, l'efficacité de la technologie et le règlement

strict. Toutefois, il restera toujours de sérieux problèmes de nutriments en eau douce à aborder et, dans le cas des Grands Lacs, les programmes de réduction de la pollution créeront de plus en plus des problèmes en ce qui concerne la productivité insuffisante à l'échelle des lacs.

4.2.3.5 Espèces envahissantes

D'ici 2020, l'industrie du transport obéira à des contrôles stricts de l'environnement (prescrits dans la convention internationale), en raison de l'héritage de la perturbation de l'environnement et des répercussions économiques qui auront eu lieu au cours des quatre décennies précédentes. La Voie maritime du Saint-Laurent, plus large et plus profonde (comme on la propose) verrait même de très gros bateaux arriver de davantage de lieux. Le mouvement des espèces aquatiques vivantes nécessaires pour les marchés alimentaires et animaliers (aquariums) sera également strictement réglementé et mis en application. Toutefois, il sera constamment nécessaire d'effectuer des évaluations de risques sur les espèces proposées pour leur distribution au Canada. Les projets de déviation de l'eau continueront à présenter un risque pour l'introduction des espèces envahissantes, et les moyens efficaces d'éliminer ce risque peuvent ne pas être disponibles. Les écosystèmes d'eau douce deviendront même plus perméables aux nouvelles espèces étrangères envahissantes, au fur et à mesure que l'on introduira des quantités croissantes de nouvelles espèces et que la pêche intensive se poursuivra. Pendant un certain temps, les grands systèmes d'eau de source tels que les Grands Lacs existeront dans un état chaotique, lorsque de nouvelles espèces arriveront et perturberont les communautés aquatiques déjà déstabilisées.

4.2.4 Répercussions du changement climatique

On prévoit qu'au cours du siècle prochain, certaines des plus grandes menaces pour la stabilité de l'écosystème d'eau douce, découleront des influences du changement climatique sur les composantes terrestres et hydrologiques des bassins récepteurs du Canada. Tandis que le taux de changement continue à faire l'objet de débats, il est clair qu'un changement non linéaire est en train de se produire et que même un réchauffement mineur aura des répercussions sur la qualité et la quantité des écosystèmes d'eau douce du Canada, et ce, de façon marquée. Voici quelques prévisions possibles et leurs conséquences.

Les cours d'eau du Canada changeront en réaction à la hausse des températures de l'air et de l'eau ainsi qu'à la modification de configuration des précipitations, de façon complexe du point de vue de l'espace et du temps, en même temps que des changements de paysage. Les conditions actuelles pour beaucoup de plans d'eau en ce qui a trait aux approvisionnements, aux eaux, aux niveaux des lacs, aux temps de renouvellement et à la connectivité, sont susceptibles de changer. Les zones humides disparaîtront et les niveaux phréatiques baisseront. Le calendrier des changements d'état sera aussi modifié. Par exemple, on s'attend à une diminution des périodes pendant lesquelles la terre est recouverte par les glaces et à une baisse des précipitations sous forme de neige. Les fluctuations régulières et relativement rapides des niveaux des lacs (en particulier des Grands Lacs) représenteront des défis pour la navigation commerciale et de plaisance, liées aux installations de soutien de la navigation de plaisance (ports, marinas) et pour la production d'énergie hydroélectrique. Dans l'Ouest canadien, une réduction des apports d'eau, due au recul de la neige et aux champs de glace, portera atteinte aux écoulements fluviaux. Les changements de flux signifieront une dépendance plus importante à l'égard des débits de base réduits et des conflits intensifiés correspondants sur l'usage des eaux. Les effets de l'acidification augmenteront dans les milieux à faible pouvoir tampon, et les taux de renouvellement des eaux en diminution donneront lieu à une eutrophisation avancée. Le carbone organique dissous baissera dans les lacs, compte tenu du réchauffement du climat et de l'acidification qui permettront une pénétration plus importante de rayons ultraviolets dans les plans d'eau. Les thermoclines des lacs s'intensifieront, réduisant ainsi l'habitat disponible pour les espèces propres aux eaux froides, et le réchauffement des ruisseaux peut éliminer des espèces telles que l'omble de fontaine des parties sud de leur étendue.

La nature de nombreux changements de nos cours d'eau sera davantage modifiée en raison de ses liens avec les changements de paysage. Par exemple, du point de vue de l'écozone, le réchauffement de la planète fera fondre les champs de glace et le pergélisol augmentant le «relèvement isostatique» (soulevant l'écorce terrestre), provoquant des changements aux voies d'eau et mettant en danger les ressources halieutiques. Les parties terrestres des bassins récepteurs seront aussi modifiées en raison des perturbations «naturelles» plus locales, attribuables au climat (p. ex. l'augmentation de la fréquence des incendies), qui modifieront les eaux réceptrices. Les bassins récepteurs seront aussi touchés par les pressions humaines et sauvages modifiées (p. ex. la migration des populations vers le Nord, où les conditions climatiques deviennent plus clémentes) et feront l'objet de demandes accrues d'approvisionnement en eau à l'échelle nationale et internationale.

De nombreux réseaux trophiques aquatiques auront de plus en plus un caractère propre au Sud, au fur et à mesure du réchauffement. Les réseaux trophiques réagiront à la hausse des températures de l'eau de surface et à la diminution de l'habitat d'eau froide (y compris la diminution des périodes pendant lesquelles la terre est recouverte par les glaces, la baisse des volumes hypolimniques et la baisse des températures hypolimniques). De telles pressions auront principalement des répercussions sur le biote de l'eau fraîche et froide, qui fera face à d'autres stress provoqués par la concurrence de l'invasion des espèces plus chaudes du Sud et l'établissement de ces espèces exotiques. Par exemple, le déplacement des espèces indigènes constituera la norme des grands bassins récepteurs tels que les Grands Lacs. Ces changements entraîneront des fluctuations rapides et à grandes échelles des ressources aquatiques (c.-à-d. une instabilité accrue), s'accompagnant souvent de résultats néfastes pour les intervenants et les économies dépendantes, exerçant des pressions supplémentaires sur la gouvernance politique et les ressources.

Les effets du réchauffement de la planète et les répercussions du développement sur l'Arctique auront stimulé la demande du public quant à une expertise scientifique sur les ressources de l'Arctique. Cela sera particulièrement manifeste en ce qui concerne les pêches de poissons d'eau douce et les sciences aquatiques, étant donné le manque d'attention qu'elles auront reçu des universitaires et la pénurie conséquente d'expertise technique dans ce domaine.

4.3 Progrès technologiques rapides

Des progrès remarquables de technologie motivent la demande de la société en ce qui concerne les nouveaux produits et services ainsi qu'un soutien aux percées scientifiques. Les organisations non gouvernementales de l'environnement (ONGE) et le public s'attendent à ce que les gouvernements utilisent les technologies actuelles afin d'obtenir et de partager les meilleurs renseignements possibles en matière scientifique. Cela permet une participation efficace du public à la prise de décision. On s'attend à ce que les prochains progrès technologiques influencent les pêches de poissons d'eau douce et les sciences aquatiques ainsi que les services que le MPO fournira en 2020.

Au cours des deux prochaines décennies, on fera de plus en plus appel à la science pour façonner l'avenir, plutôt que de répondre uniquement aux questions. Les cinq ministères fédéraux qui s'occupent des ressources naturelles (5-RN) adopteront l'approche écosystémique en élaborant des applications géomatiques intégrées pour tous les grands bassins récepteurs du Canada, et ce, de concert avec un éventail de partenaires essentiels (les provinces, les municipalités, le milieu universitaire et autres). Ces systèmes s'occuperont de la qualité et de la quantité de l'eau, de l'activité de l'utilisation des terres ainsi que des couches thématiques des pêches dont on peut se servir pour documenter les conditions actuelles et évaluer les répercussions d'un développement potentiel. Cette technologie ainsi que l'accès transparent aux ressources des données communes deviendront essentiels à la gestion par l'intermédiaire de partenariats complexes et amélioreront la capacité d'analyse des données pour tous les partenaires. De plus, les applications du Système d'information géographique (SIG) permettront de mieux comprendre les relations de l'espace concernant les composantes des ressources à différentes échelles, et

amélioreront la capacité à gérer les ensembles de métadonnées (p. ex. la modélisation du processus écologique) en les liant à leurs attributs renvoyant au plan géospatial.

Le monde aura subi une expansion révolutionnaire de sa «connectivité», de sa capacité à partager de plus en plus des connaissances très étendues avec les personnes, quel que soit leur emplacement géographique, grâce à la technologie sans fil. Cela permettra un transfert des renseignements entre les intervenants intéressés à des niveaux qui sont actuellement sans précédent. Toutefois, l'obtention, la mise à jour et la gestion d'un ensemble considérable de données coûtent très cher et nécessiteront un financement important en matière de recherche et de développement. Néanmoins, l'utilisation accrue des outils d'intégration pour une compréhension holistique des écosystèmes, conjuguée à une modélisation et à une analyse géospatiale accrues des modèles à l'échelle régionale et d'autres approches technologiques d'avant-gardes, produiront des sauts qualitatifs dans les sciences aquatiques en eau douce et apporteront des contributions à une prise de décision efficace.

L'existence d'une technologie de pointe de détection à distance (p. ex. des moniteurs à distance, des satellites et des champs acoustiques d'électricité) poussera le public et les organismes à demander une surveillance écosystémique. Une telle technologie deviendra de plus en plus courante dans les grands plans d'eau intérieurs et augmentera considérablement la capacité de prévision en ce qui concerne les événements météorologiques et la productivité aquatique. De plus, une demande de renseignements en temps réel (p. ex. sur la navigation, le temps, les stocks de poissons, l'atteinte des quotas) et l'existence de technologies hydrographiques d'avant-gardes, telles que les scanneurs à faisceaux multiples, conjuguées au laser et à la technologie du système de positionnement global (GPS), se combineront afin de permettre une représentation détaillée de la topographie du fond marin et des hauteurs d'eau pour la navigation, les interventions rapides de gestion et une documentation précise sur l'habitat du poisson. L'utilisation répandue des nouvelles technologies par le public (p. ex. GPS équipé de détecteurs de poissons, d'appareils de photographie sous-marine, d'outillage de chargement sonore et novateur) augmenteront l'efficacité des pêches sportives et commerciales ainsi que les prises qui en découlent.

Sur un autre plan, l'utilisation accrue de techniques «moléculaires» pour le suivi biologique (p. ex. les analyseurs de gènes et les biomarqueurs) et la nanotechnologie qui permet aux instruments de précision d'explorer les conditions internes des organismes, permettra aux sciences aquatiques de devenir beaucoup plus efficaces et efficientes en recherchant des solutions aux problèmes difficiles. La biotechnologie jouera un rôle fondamental dans les nouvelles méthodologies servant à la détermination des stocks. Elle offrira aussi des moyens de produire de nouveaux vaccins, de nouveaux organismes pour la restauration des habitats et, bien entendu, des organismes génétiquement modifiés. Pour citer un autre exemple, évoquons la technologie considérablement avancée sur le vieillissement des poissons, laquelle se sert d'outils scientifiques objectifs (p. ex. des isotopes stables, entre autres). La pêche du poisson d'eau douce et les capacités des sciences aquatiques tireront profit des technologies connexes élaborées par domaines, avec une capacité de recherche beaucoup plus importante, telle que la santé, l'armée, notamment.

Les nouvelles technologies et méthodologies fourniront une évaluation rapide de trois mesures essentielles de la population aquatique : l'abondance, la production et le roulement. On comprendra bien la relation entre les taux d'exploitation très importants des pêches (gestion au seuil de la durabilité) et le coût en hausse de la science. En fait, dans le domaine tout entier des sciences aquatiques, la complexité des questions de ressources, la demande d'information du public et l'existence d'une nouvelle technologie stimuleront l'organisation de consortiums internationaux, dans le but de partager les coûts, ainsi que le savoir et l'expertise.

L'avènement de l'économie de l'hydrogène, basé sur les nouvelles technologies et applications des piles à combustible, donnera lieu à des améliorations importantes de la qualité de l'environnement, en raison des réductions d'émissions de combustibles fossiles. On s'attendra à ce que des organismes

gouvernementaux ouvrent la voie en convertissant leur équipement en des modèles plus acceptables pour l'environnement. Le Canada suivra la direction réglementaire que proposent (actuellement) les États-Unis en exigeant qu'une partie importante de tous les véhicules et les bâtiments du gouvernement fédéral soient entretenus et chauffés par la technologie de l'hydrogène, et ce, d'ici l'année 2020.

Avant le milieu des années 2020, une grande partie du monde développé bénéficiera de services climatologiques naturels, fonctionnant presque comme les services météorologiques naturels. L'importance du réchauffement de la planète aura permis de créer une capacité à prévoir les incidences sur le climat, entre 5 et 10 ans à l'avance, et sous forme de répercussions annuelles. Entre autres choses, ces services aideront à prévoir les conditions climatiques d'eau douce qui peuvent précéder des événements extrêmes qui auront des répercussions sur les écosystèmes et les activités humaines, et fourniront des conseils sur les mesures d'adaptation.

4.4 Gouvernance et responsabilisation

D'ici 2020, un changement important de **gouvernance** en matière d'eau douce aura eu lieu, à mesure que le gouvernement fédéral adoptera un modèle qui va davantage dans le sens d'une collaboration et d'une intégration, en s'inspirant d'une gérance et d'une responsabilité partagées. On aura largement rectifié les enjeux axés sur les responsabilités et les rôles respectifs des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux à la suite d'efforts concertés selon un accord intergouvernemental sur la collaboration. Les droits des Autochtones continueront à constituer une importance capitale liée et on réalisera d'importants progrès concernant l'établissement d'approches de collaboration à la gestion des ressources. La participation du public au règlement des questions en matière d'eau douce sera devenue un procédé normal de faire des affaires. Les citoyens, les collectivités, les groupes d'intérêt et l'industrie prendront de plus en plus part à la prise de décision. Pour ce faire, il faudra que les renseignements sur les ressources leur soient devenus beaucoup plus accessibles et, par conséquent, ils pourront jouer un rôle plus efficace.

Les gouvernements seront toujours au centre de la prise de décision et seront tenus responsables de la confiance que leur accorde le public. Mais on ne les considérera plus comme les uniques sources de renseignements. Il est, par conséquent, important de créer dès maintenant une capacité des gouvernements à diriger et des intervenants à s'engager dans le processus de gestion des ressources en eau douce. Il faudra percevoir la science du gouvernement comme totalement indépendante des préjugés politiques, c'est-à-dire approfondie, objective et inclusive dans son élaboration.

Le MPO travaillera en étroite collaboration avec d'autres ministères fédéraux (Environnement Canada et Santé Canada), ainsi qu'avec des organismes provinciaux, à protéger la qualité de l'eau, étant donné la force qui ressort de la *Loi sur les pêches*, à protéger les environnements en eau douce, ainsi que les besoins et les demandes d'une protection de ce type par la société. La clarification des rôles et des responsabilités en ce qui concerne la science en matière d'eau douce aura continuée à représenter un défi au tout début du siècle, étant donné le nombre d'organismes fédéraux et provinciaux qui ont reçu le mandat de s'occuper des questions interdépendantes en matière d'environnement et de ressources. Mais il faudra traiter ces questions à l'aide de différents efforts de collaboration et de discussions. Il est important que ces discussions aient lieu dès que possible, afin d'être correctement harmonisées pour aborder les questions essentielles de l'avenir. Toutefois, ce qui sera clair, c'est la responsabilité et la responsabilisation du gouvernement fédéral concernant tous les aspects de la *Loi sur les pêches* en matière d'eau de source. Une consultation courante des partenaires, dans le cadre d'une prise de décision inclusive et intégrée, profitera aux organisations non gouvernementales, extrêmement organisées et professionnelles, ainsi qui aux groupes de la collectivité dont beaucoup emploient des conseillers techniques. Les pêcheurs autochtones auront assumé la très grande responsabilité de gérer et de protéger la pêche de poissons en eau douce, notamment dans le Grand Nord et auront besoin de conseils et d'un soutien en matière scientifique.

Les organismes ressources établiront des prévisions stratégiques à long terme, y compris des examens des endroits où ils se trouvent, et de ceux où ils devront se trouver, en ce qui concerne un certain nombre de questions de principes. On intégrera les initiatives en matière de politique et d'appui des sciences dans une «Approche stratégique complète» qui comprend la gestion, la politique et l'appui de la science, plutôt que de les élaborer l'une après l'autre, de façon relativement isolée.

Le public demandera une norme encore plus élevée de **responsabilisation** du gouvernement, tant à l'égard des Canadiens qu'à celui de la communauté internationale. Les défis internationaux comme l'Accord de libre-échange américain (ALENA) et peut-être l'Accord de libre-échange des Amériques, ainsi que les défis juridiques nécessiteront que le Canada fasse preuve de sa conformité aux lois et aux politiques en matière d'environnement et aux dispositions interdisant les pratiques ou les subventions commerciales déloyales. Cela sera accompagné d'un déferlement de poursuites axées sur l'environnement intentées contre les propositions ou les activités de développement passées, présentes et futures. Les demandes d'accès aux renseignements par les organisations non gouvernementales de l'environnement (ONGE) augmenteront, et il faudra fournir les renseignements conformément aux prescriptions prévues par la loi, comme l'Accès à l'information et protection des renseignements personnels (AIPRP), utilisant les ressources du personnel.

L'opposition du public portera sur les responsabilités du gouvernement et de l'industrie suivant une catastrophe environnementale majeure touchant le secteur de la mer ou les ressources en eau douce du Canada, ou les deux. On posera la question suivante : «*Qui est responsable et a été préparé de façon adéquate, comme le prévoit la loi?*». La complexité des problèmes et des crises importantes de la sorte diminuera la confiance que le public place dans la science ainsi que la prise de décision du gouvernement. De plus, des questions telles que le manque perçu de l'application du principe directeur «aucune perte nette», en ce qui concerne certaines activités de développement (p. ex. assèchement d'un lac tout entier pour une extraction minière, courbes des niveaux d'énergie hydroélectrique) entraîneront la nécessité d'une étude scientifique accrue de ces pratiques. L'application inégale par le MPO des dispositions sur l'habitat de la *Loi sur les pêches* dans les provinces constituera aussi une source de plaintes émanant du public résidant dans des régions mal desservies.

Les programmes scientifiques des ONGE auront continué à augmenter en qualité et en perfection. En plus de défendre des points de vue précis, les ONGE rendront régulièrement compte de leurs résultats et de leurs adaptations des données aux décideurs et au public. De plus les groupes extérieurs et l'industrie examineront minutieusement la science du gouvernement et chercheront plus régulièrement les données du gouvernement (et toutes les autres données d'importance) pour leur propre analyse et leur propre application, en tirant éventuellement des conclusions différentes. Les programmes d'accréditation des sciences seront lancés afin de veiller à une normalisation dans les approches. On demandera à un organe d'examen impartial de s'en charger, tel que le mandat de la National Academy of Sciences des États-Unis. La Société royale du Canada a régulièrement défendu cette approche.

La société et les ONGE insisteront sur l'établissement d'objectifs et d'indicateurs en matière d'environnement, ainsi que sur la surveillance et le compte rendu de l'état de l'environnement et des ressources. Cela sera accompagné de demandes pour atteindre des gains nets en ce qui concerne la quantité et la qualité des pêches de poissons en eau douce et des ressources aquatiques, plutôt qu'une simple protection de ce qui reste. Parmi les exemples, citons l'utilisation en hausse des zones protégées aquatiques à cette fin.

Le Canada augmentera le soutien qu'il accorde aux collectivités autochtones et aux pays en développement pour la pêche de subsistance et la gestion de l'eau douce, notamment en multipliant sa capacité dans les secteurs des ressources.

4.4.1 Partenariats

D'ici 2020, la technologie de pointe augmentera la capacité d'intégrer des ensembles considérables et diversifiés de données et de traduire cette information en connaissance utile. Les éléments moteurs de l'optimisation des avantages de l'expertise disponible et du financement continueront à favoriser les partenariats. Par exemple, de nouveaux partenariats avec les praticiens des sciences de la santé apporteront des avantages technologiques importants. Tandis que les aspects financiers continueront à jouer un rôle important, la formation d'un partenariat et son adaptation seront de plus en plus motivées par des besoins dominants en matière de science (p. ex. les Grands Lacs et l'Arctique). Les équipes de recherche, y compris des experts qui ne font pas partie du MPO, contribueront à régler les questions liées à l'établissement d'un partenariat.

Bien que le gouvernement ait une responsabilité importante dans la collecte de données de base propres aux ressources, d'autres, y compris l'industrie, auront un rôle à jouer dans cette fonction, en particulier dans la mesure où elle se rapporte aux obligations d'évaluation environnementale. Par conséquent, les sciences sociales deviendront de plus en plus une source reconnue de savoir pour la conservation et la gestion des ressources aquatiques. Avec les évaluations de la valeur des ressources, cela aidera à démontrer les conséquences des décisions de gestion pour la société. Une fois les liens établis avec les spécialistes en sciences sociales, les répercussions de cette information et son utilisation s'étendront. Cette situation entraînera le défi selon lequel il y aura davantage de débat partisan au sujet de tous les résultats de la science. Par ailleurs, elle nécessitera la constitution d'organes de prise de décision qui fonctionnent, en vertu de politiques de haut niveau, comme des tribunaux administratifs, et ce, afin de prendre des décisions transparentes et cohérentes dans les cas contestés.

Ces dispositions nécessiteront des processus financiers et administratifs souples et dynamiques. On continuera à réclamer de nouvelles approches de financement, telles que celles dont on a besoin pour le soutien régulier des recherches effectuées par d'autres partenaires, comme elles sont pratiquées par le MPO dans la région des lacs expérimentaux, au Nord-Ouest de l'Ontario. Tandis que cette situation amènera le personnel scientifique fédéral à trouver des fonds, on réalisera des progrès importants dans l'élaboration de modèles de financement (p. ex. les centres d'excellence, les spécialistes du financement, les politiques administratives de soutien), qui permettront aux scientifiques d'optimiser le temps qu'ils consacrent à la recherche par rapport à l'administration, et ce, d'ici 2020.

Il faut aussi reconnaître que certaines sciences auront besoin d'une gestion adaptée à une vaste échelle. Pour cela, il faut une planification multi-agences impliquant la politique, la gestion et les sciences, ainsi qu'un consentement à utiliser des endroits multiples afin d'accroître la possibilité d'apprendre. La science de l'habitat, en particulier, doit être conçue comme une série d'expériences complémentaires, tirant pleinement parti des conditions d'atténuation et de compensation que l'on impose chaque année.

4.4.2 Connaissances scientifiques, recrutement et perfectionnement professionnel

Les défis rencontrés dans le recrutement et la conservation des spécialistes des sciences aquatiques, exacerberont la perte accentuée des spécialistes des sciences aquatiques en raison des départs à la retraite et des changements de carrière. On trouve bon nombre des besoins de spécialistes qualifiés des sciences aquatiques dans des domaines dans lesquels il continuera à y avoir une pénurie de programmes universitaires. Les liens étroits entre les organismes ressources et les établissements universitaires seront extrêmement importants pour veiller à ce que les priorités stratégiques en matière de science informent les conceptions des programmes d'études supérieures, pour produire les connaissances scientifiques nécessaires (p. ex. le fonctionnement et la modélisation des écosystèmes, la compréhension de la biodiversité, la surveillance et la modélisation de l'écosystème de l'Arctique). En même temps, les sciences aquatiques devront continuer à faire partie de la culture des organismes de gestion des

ressources, tant pour les conseils scientifiques internes que pour la compréhension approfondie des questions de ressources auxquelles l'organisme fait face.

Le gouvernement fédéral devra s'efforcer d'offrir des possibilités de perfectionnement professionnel, afin de maintenir un cadre des candidats les meilleurs et les plus brillants, à un moment où les organismes des sciences aquatiques cibleront les intérêts et les aspirations des jeunes chercheurs. Pour y parvenir, il devra offrir non seulement des salaires concurrentiels, mais aussi des installations bien équipées et des budgets de fonctionnement adéquats. Il existera une toute nouvelle façon de faire de la science et de mesurer ou de récompenser le rendement. On constatera des possibilités sans précédent de découvertes que réaliseront des chercheurs extrêmement talentueux.

Les spécialistes des sciences aquatiques et leurs organisations profiteront des rotations entre les employeurs (le gouvernement, l'industrie, le milieu universitaire) et des rotations des postes relatifs aux secteurs de la mer et à des eaux douces. Tandis qu'actuellement, elles ne travaillent pas beaucoup sur la biologie et la taxonomie, bien avant 2020, les universités seront responsables de fournir des connaissances de base sur les espèces d'intérêt comme la biologie, la taxonomie, les recherches et sauvetage en mer (RAS) et pour les scientifiques de formation de ces domaines, au fur et à mesure que les gouvernements mettront plus largement l'accent sur la science à long terme nécessaire afin de soutenir les décisions en matière d'écosystème, de collectivité, de population et d'habitat.

5.0 Besoins et attentes en matière scientifique pour 2020

La science dont on aura besoin en 2020 reposera sur l'ensemble des engagements officiels en place, qui obligeront les gouvernements à prendre des mesures (lois, ententes, accords), et les principaux éléments moteurs sociaux et environnementaux de la journée, tels qu'ils on étés décrit ci-dessus. La science sera nécessaire pour soutenir un cadre de gestion des risques pour la prise de décision. La science nécessaire comportera à la fois la poursuite des efforts actuels qui se seront étendus et la science dans des domaines nouveaux et importants.

5.1 Utilisation d'une approche écosystémique

D'ici l'année 2020, on s'attend à la réalisation de progrès importants dans l'emploi d'une approche écosystémique quant à la protection et à la gestion des ressources aquatiques. Cette approche repose sur des éléments moteurs importants consistant à répondre aux prescriptions précises d'une loi, à conserver la biodiversité naturelle (protection de l'habitat, traitement des défis des espèces en péril et des espèces envahissantes), à aborder les risques de l'environnement pour la santé humaine et les demandes concurrentielles en eau. On effectuera des progrès importants en raison de l'évolution rapide de la technologie de soutien, progrès qui auront permis une meilleure compréhension et une meilleure modélisation écosystémiques.

Les activités scientifiques qui devront fournir et continuellement remanier une approche écosystémique sont complexes et de vaste portée, croisant les mandats ministériels et de compétences, et nécessitant l'appui et la collaboration de tous les intervenants concernés, c'est-à-dire les gouvernements, les Autochtones, le milieu industriel, l'industrie et les organisations non gouvernementales (ONG). Parmi les principales activités et connaissances se rapportant au MPO, citons les suivantes.

- Élaboration de programmes d'indicateurs, de normes et de surveillance afin de mesurer et de documenter la viabilité des écosystèmes d'eau douce et de rédiger l'état des rapports sur l'environnement.
- Science nécessaire au soutien des décisions de planification de gestion telles que l'établissement des objectifs pour la production piscicole, les exigences d'habitat et les besoins de développement durable.
- Les modèles améliorés des écosystèmes se forment et fonctionnent afin d'améliorer la capacité de prévision dans les domaines suivants :
    - évaluer les répercussions du développement cumulatif (municipal, industriel, chalets, loisirs, énergie hydroélectrique, extraction de ressource) sur une échelle de plan d'eau et de bassin récepteur, et comment atténuer leurs effets;
    - aider à l'affectation précise des ressources en eau, de façon écologique;
    - aider à déterminer le volume minimum, les normes des flux et de qualité pour le maintien des ressources aquatiques;
    - prévoir les répercussions des différents changements qui interviennent dans la communauté aquatique, en raison de pêche de poissons, des espèces introduites et des changements de productivité.;
    - comprendre dans quelle mesure les espèces étrangères modifient les réseaux trophiques (transfert d'énergie par le système) et de quelle façon elles se répercutent sur les contaminants et les niveaux de récolte durables des espèces-cibles.
- Meilleure compréhension des répercussions de production d'énergie hydroélectrique à petite et à grande échelles (p. ex. la production de réservoirs d'eau, le niveau d'eau et les régimes d'écoulement).

- Évaluation des incidences cumulatives des schémas de déviation proposée de l'eau (altération de flux, débits de contaminants, introduction d'espèces, obstacles au mouvement des poissons, changements des régimes d'oxygène et de température).
- Élaboration et utilisation de la technologie d'intégration rentable afin de recueillir les données permanentes (p. ex. les moniteurs employés sur les plates-formes hydrographiques à distance).
- Programmes de surveillance approfondis sur le plan scientifique, afin de définir les bases qui permettront d'adopter des changements aux écosystèmes aquatiques au fil du temps. On a besoin de ces programmes immédiatement, afin de les comparer par rapport à 2020, y compris la continuation des ensembles de données existantes à long terme dans des endroits établis (p. ex. la région des lacs expérimentaux, le Nord-Ouest de l'Ontario, les Turkey Lakes et le Nord de l'Ontario).
- Meilleure compréhension du paysage hydrologique du Canada et de la façon dont les changements climatiques le modifieront, en réponse aux changements de configuration des précipitations et aux réponses géomorphologiques apportées par le retrait de la couverture de neige ou de glace et le pergélisol.
- Compréhension de la façon dont les forces climatiques et leurs conséquences interagiront, de façon cumulative, avec d'autres agents stressants (p. ex. des contaminants tels que les produits pharmaceutiques et le mercure; l'eutrophisation, l'acidification et les espèces envahissantes) auxquels les écosystèmes aquatiques sont déjà soumis.

Ces activités nécessiteront des connaissances dans les domaines de spécialité suivants : la modélisation du système, l'écologie aquatique, la modélisation de l'écoulement des contaminants, l'hydrologie, la limnologie, la science des bassins récepteurs, la taxonomie, la toxicologie, l'ingénierie électronique, la climatologie et la géomatique.

Pêches et écologie aquatique de l'Arctique

L'application d'une approche écosystémique sera particulièrement importante dans les régions du Nord du Canada, où les écosystèmes sont surtout sensibles à la perturbation, et soumis à une modification importante à la suite de changements climatiques. Parmi les activités scientifiques qui seront nécessaires, citons les suivantes :

- l'établissement de données de base sur la biodiversité (sous forme de point de référence) pour les régions susceptibles de subir une perturbation anthropique (p. ex. les routes d'accès, l'extraction minière, la nouvelle activité de navigation et l'écotourisme);
- la détermination de lieux pour le changement de test liquide qui pose un risque minimal pour l'environnement, notamment pour les écosystèmes d'eau douce;
- l'évaluation des répercussions sur l'environnement du trafic maritime, en particulier les bateaux qui transportent des cargaisons à risque élevé (p. ex. les produits pétroliers), qui peuvent avoir des répercussions sur les réseaux hydrographiques d'eau douce ou les stocks de poissons migrateurs;
- la science nécessaire afin de soutenir la pression accrue sur les ressources de l'Arctique, en raison de la croissance de la population et du tourisme (p. ex. la protection de l'habitat et la gestion de la pression de la pêche);
- les engagements de recherches fondamentales à long terme dans l'Arctique.

Parmi les domaines d'expertise nécessaires pour répondre aux besoins scientifiques du MPO dans l'Arctique, citons les applications dans le Nord de la limnologie, de l'ichtyologie, de l'écologie aquatique, de l'évaluation des risques, de la biologie des populations et de l'évaluation des répercussions sur l'environnement.

Contaminants dans les écosystèmes d'eau douce

L'apport de renseignements scientifiques solides par le MPO et ses partenaires, concernant l'existence et la dynamique des contaminants dans l'environnement aquatique, comprendra des activités et des connaissances scientifiques telles que celles qui suivent :

- recherche continue sur la présence du mercure et un éventail d'autres contaminants, leurs répercussions sur l'écosystème des poissons et l'écosystème aquatique, les techniques d'atténuation et la détection de mercure dans les poissons destinés à la consommation humaine;
- moyens d'analyser les effets aux premiers stades de l'exposition aux contaminants (p. ex. les herbicides, les pesticides, les analogues de l'endocrine, les résidus pharmaceutiques, entre autres) par les poissons et leurs habitats, afin de prévenir le bouleversement catastrophique des écosystèmes, dont l'épuisement des populations de poissons et des communautés aquatiques;
- meilleure compréhension des contaminants dans l'eau des retenues;
- meilleure compréhension de la dynamique de l'eau souterraine et de surface en relation avec les répercussions et les risques en matière d'environnement.

Les domaines d'expertise nécessaires pour fournir cette science comprennent la modélisation des contaminants, la biochimie, la physiologie et la limnologie.

5.2 Populations et habitats aquatiques en eau douce

L'éthique de gérance bien élaborée du Canada amènera de fortes attentes compte tenu du développement économique sans précédent et de l'utilisation de ressources naturelles en 2020. Le public s'attendra du gouvernement à ce qu'il comprenne très clairement les ressources aquatiques et les valeurs en péril, en ce qui concerne le développement et l'utilisation des terres et des eaux. Des normes de réglementation claires et efficaces, à vocation scientifique, et soutenues par les codes de pratique et d'éthique ainsi que les pratiques de meilleure gestion du secteur de l'industrie (élaborées par l'industrie, de concert avec le gouvernement), formeront la base d'un développement économique responsable en matière d'environnement. Le MPO et ses partenaires devront gérer et protéger les populations et les habitats aquatiques par le truchement de mesures et de connaissances scientifiques telles que :

- la compréhension de la façon dont la qualité changeante de l'eau et la surpêche portent atteinte à la productivité du poisson, en raison d'une activité accrue;
- l'évaluation des répercussions sur l'environnement de la hausse de la navigation de plaisance, dont les dommages physiques, les polluants, les contaminants et les droits de bassin. L'évaluation des risques pour l'habitat et la productivité du poisson à partir de différentes activités de développement;
- les inventaires des habitats et des populations de poissons avant, pendant et après les activités de développement;
- la capacité à évaluer rapidement l'abondance des stocks de poissons et leur potentiel de croissance, dont la modélisation de la dynamique de la population;
- la surveillance des programmes, des outils de diagnostic, etc., afin de faire face aux nouvelles maladies des espèces aquatiques (que l'on n'avait pas détectées auparavant), qui découlent des perturbations de l'environnement comme, par exemple, les espèces envahissantes et le changement climatique.

<u>Gestion de la population</u>

- Meilleure compréhension de la façon de gérer les efforts en matière de pêche visant à maintenir des stocks sauvages durables.
- Techniques nécessaires afin d'évaluer l'efficacité des nouvelles technologies récréatives et de gérer leur utilisation.
- Amélioration du rétablissement de la pêche sportive surexploitée causée par un effort accru et une compétence en matière de prise.

- Où et comment pourrait-on établir et maintenir une production améliorée de poissons (lieux de pêche de premier ordre).
- Stratégies possibles de récolte pour les espèces introduites, à mesure qu'elles s'établissent, et sur leur rôle dans la communauté aquatique.;
- Compréhension de l'endroit où «les zones protégées aquatiques» seraient les plus efficacement situées, compréhension de leur taille, de leurs caractéristiques et de leur fonctionnalité, une fois en place.
- Inventaires biologiques des espèces en péril.
- Meilleure compréhension du niveau de protection et de surveillance nécessaire avant que les espèces ne deviennent menacées.

Protection de l'habitat

- Priorités aux recherches sur l'habitat du poisson, dont des outils visant à quantifier les répercussions, qui résisteront à des poursuites judiciaires en vertu de la *Loi sur les pêches* (p. ex. efficacité des mesures de compensation et d'atténuation; outils d'évaluation quantitative afin de déterminer les besoins du débit d'entrée; méthodes afin de quantifier la productivité de l'habitat et de relier le poisson à l'habitat au moyen d'une modélisation fonctionnelle et mécaniste; répercussions des altérations physiques sur la productivité de l'habitat; évaluation des répercussions cumulatives; empoissonnements rivulaires et lignes directrices des zones tampons). Même si certains de ces exemples représentent des priorités actuelles, le programme de gestion de l'habitat demandera toujours une position scientifique pour les outils utilisés, afin d'évaluer les propositions de développement. On devra remanier ces outils et les mettre à la disposition d'un vaste éventail de lieux géographiques à mesure que l'industrie s'étend, en particulier dans le Nord.
- Compréhension des répercussions sur la productivité, comprenant des conversions d'écosystèmes de rivière en réservoir d'eau et la science nécessaire afin de soutenir les décisions sur les régimes d'écoulement acceptables.
- Évaluation des risques concernant de nouvelles propositions, devenir de différents contaminants et déversement sur les écosystèmes, en particulier dans le Nord.
- Évaluation de l'efficacité des pratiques de conformité et de déclassement.
- On aura toujours besoin de la science en ce qui concerne les niveaux de nutriants, avant et après leur développement, la charge en éléments nutritifs et les méthodes visant à la contrôler. Il sera aussi important d'établir des niveaux désirables prédéterminés et la façon de maintenir la productivité, à la lumière des contrôles phosphoreux et des organismes tels que les populations de dreissena polymorphe.
- Parfaite compréhension du lien entre les pratiques d'utilisation des terres en matière d'agriculture et les répercussions en aval à la fois pour les nutriants et pour un vaste éventail de produits chimiques utilisés afin de gérer les récoltes et les animaux.
- Détermination des habitats aquatiques les plus vulnérables aux changements climatiques, ainsi que la nature de ces vulnérabilités, afin d'évaluer si la protection des écosystèmes est nécessaire ou possible. Définir les habitats et les espèces qui ont besoin d'une protection supplémentaire.
- Compréhension scientifique accrue de certaines activités de développement (p. ex. assèchement d'un lac tout entier pour une extraction minière, courbes des niveaux d'énergie hydroélectrique) afin d'aider à la formulation de la politique.

Les domaines d'expertise qui seront nécessaires au MPO afin de répondre aux besoins de science en matière de population et d'habitat comprennent la limnologie physique et chimique, la dynamique de la population, l'écologie aquatique, la modélisation de la production, la présentation d'éléments de preuve, l'évaluation des risques, la santé ou la maladie des poissons et l'évaluation environnementale.

5.3 Espèces dulcicoles

On aura besoin de la science en ce qui concerne les espèces dulcicoles individuelles, en raison d'une forte demande du public pour conserver la biodiversité naturelle, récupérer les espèces en péril et empêcher l'introduction d'autres espèces étrangères envahissantes. Ce besoin exacerbera par le changement climatique, à mesure que les écosystèmes et les habitats changent, et que les occurrences d'espèces sont modifiées.

Parmi les activités scientifiques dont on aura besoin en 2020 afin d'acquérir une meilleure compréhension des espèces individuelles, citons les suivantes :

- les enquêtes biologiques pour des centaines d'espèces dulcicoles (afin d'empêcher d'autres espèces de devenir en péril, et de récupérer efficacement les espèces qui sont déjà en péril), dont les besoins en matière d'habitat, à différents stades de la vie, la documentation de l'histoire naturelle, les répercussions des différentes perturbations et la susceptibilité à l'engin de pêche (avec un degré de risque acceptable si la pêche doit continuer);
- les principes scientifiques objectifs afin d'évaluer les risques des introductions d'espèces, l'élaboration de techniques préventives et, éventuellement, les mesures de contrôle compte tenu de la menace constante des introductions d'autres espèces étrangères envahissantes par l'intermédiaire de lest liquide, du poisson comestible vivant, du commerce des aquariums et de l'industrie de la pêche à l'appât. Cela sera particulièrement vrai dans l'Arctique, une fois que l'activité maritime commencera à avoir lieu dans les zones anciennement vierges;
- il sera nécessaire de procéder à des évaluations de risques en ce qui concerne l'aquaculture, afin de répondre aux nouvelles technologies (pisciculture en cage, pompe à terre), aux propositions d'élever d'autres espèces non indigènes, des organismes génétiquement modifiés, et l'aquaculture en mer dans de nouveaux endroits.

Parmi les domaines d'expertise particuliers que le MPO devra appliquer, citons la taxonomie, l'ichtyologie, la systématique, la limnologie, l'histoire naturelle et l'évaluation des risques, et que, pour la plupart, on peut acquérir grâce à des efforts de collaboration avec le milieu universitaire et l'industrie.

5.4 Gestion de l'information et nouvelles technologies

Le public s'attendra à une gestion améliorée des renseignements scientifiques, afin de soutenir de nouveaux modèles de gouvernance qui nécessitent des partenariats ouverts et transparents, ainsi qu'une responsabilité totale des décisions en matière de dépenses et de gestion. Les partenaires seront au courant du besoin de posséder un système de données générales et ils insisteront sur ce besoin, afin de soutenir la mise en application d'une approche écosystémique. Le public réclamera que les gouvernements utilisent des technologies de pointe pour une prise de décision efficace, et voudra disposer de renseignements tels que les données hydrographiques, à l'aide de la technologie disponible la plus récente.

Les activités scientifiques qui seront nécessaires afin de répondre aux attentes en matière de gestion améliorée de l'information comprennent :

- la communication électronique directe des données scientifiques aux partenaires de gestion et au public, tout de suite après leur collecte et leur analyse;
- les améliorations continues des approches techniques en faveur d'une gestion d'un ensemble de données nombreuses;
- l'importance accrue de la protection des données scientifiques une fois recueillies;
- une meilleure compréhension de l'analyse spéciale et un personnel formé à cet effet;

- la communication de renseignements aquatiques pour l'élaboration de produits à valeur ajoutée (p. ex. la production de carte hydrographique pour des régions précises, une fois les données recueillies) dans l'intérêt du public et des affaires;
- les normes et les principes directeurs géomatiques afin d'élaborer des couches de données précises de ressources;
- une meilleure compréhension entre les paramètres mesurés et les décisions de gestion (niveaux des pêches et production annuelle).

Parmi les activités scientifiques auxquelles on s'attendra en raison de l'existence d'une nouvelle technologie, citons les suivantes :

- l'application de technologie de détection à distance qui permet une surveillance «en temps réel» et des techniques rapides afin de rendre compte de l'état des ressources ou de la viabilité de l'écosystème, ou les deux;
- les recherches sur la façon d'appliquer efficacement de nouvelles techniques hydrographiques pour les besoins de la gestion de l'habitat;
- l'utilisation de nanotechnologie ou d'instruments d'enregistrement de minutes au sein des organismes, afin de mieux comprendre les habitudes et les besoins physiologiques;
- l'élaboration et l'utilisation d'une capacité ou de forums pour les discussions et les décisions portant sur les considérations morales sur la nouvelle technologie telle que les organismes génétiquement modifiés et les questions de santé des animaux aquatiques;
- recherches continues sur les incidences de l'amélioration des technologies (p. ex. échosondeurs, appareils de photographie et attractifs), afin de gérer les pêches commerciales et les pêches récréatives sur une base durable;
- remaniement et communication de nouveaux outils apparus.

Les principaux domaines d'expertise que le MPO nécessitera afin de répondre aux attentes scientifiques, en ce qui concerne la gestion de l'information et les nouvelles technologies, comprennent la gestion des données (entrée, manipulation, stockage, archivage et extraction), la gestion de l'information, le fonctionnement des systèmes, la géomatique, l'électronique, la détection à distance, la nanotechnologie et l'analyse spatiale.

5.5 Compréhension socio-économique

L'attente du public quant à une compréhension socio-économique accrue des pêches de poissons d'eau douce et des questions de gestion de l'écosystème aquatique, sera principalement influencée par les demandes d'une population canadienne en hausse, par les changements démographiques et la priorité que la société accorde à l'environnement et à sa durabilité. Étant donné que les changements climatiques seront remarquablement avancés et que les Canadiens et leur gestion des écosystèmes d'eau douce devront continuer à s'adapter, les types de renseignements et de compréhension socio-économiques, auxquels l'on s'attendra en 2020, mettront beaucoup plus l'accent sur les éléments suivants :

- relations entre les altérations de l'écosystème d'eau douce et les répercussions socio-économiques sur les pêches commerciales et récréatives, les collectivités autochtones, les activités touristiques axées sur les ressources, les différentes industries, les valeurs des propriétés riveraines, notamment;
- évaluations sociales et économiques des nouvelles technologies perçues afin de présenter les risques ou les avantages possibles pour les pêches et le milieu aquatique (p. ex. engin de pêche, installations de «pompes à terre» pour l'aquaculture);
- nouvelles approches visant à fournir une évaluation des profits et des coûts non financiers, afin d'aider à l'évaluation équitable des ressources en eau pour leur importance écologique aussi bien que socio-économique;
- décisions sur la «meilleure utilisation» des écosystèmes aquatiques à la lumière des exigences et des intérêts opposés;

- recherche économique afin de soutenir la prise de décision en matière de politique d'affectation des ressources.

La dépendance accrue de ces activités non traditionnelles, en particulier en ce qui concerne les sciences sociales, dans la gestion des pêches de poissons d'eau douce et des écosystèmes aquatiques, nécessitera que le MPO et ses partenaires intègre l'excellence afin de régler les problèmes et de prendre des décisions, et ce, dans des compétences telles que l'application des analyses de répercussions sociales et économiques aux questions liées au développement, à la détérioration, à la protection ou à la restauration et à l'amélioration des ressources aquatiques (l'économie de l'environnement constitue l'une de ces nouvelles disciplines), ainsi que la «méthode de la capitalisation du coût entier» (intégration de tous les profits et coûts non financiers avec l'économie) pour l'application des nouvelles technologies.

5.6 Hydrographie

L'attente du public quant aux renseignements hydrographiques de pointe sera principalement influencée par une augmentation de l'activité de navigation et de navigation de plaisance, en même temps que l'existence d'une technologie améliorée. Le tout s'intensifiera en raison de fluctuations des niveaux d'eau, liées aux changements climatiques et aux risques qui en découlent pour une sécurité sur l'eau.

Les types de renseignements que l'on attendra du Service hydrographique du Canada, à ce moment-là, comprendront les suivants :

- communication d'images complètes de fond couvrant toutes les zones de navigation, à la fois numériquement et sur des cartes plastifiées de haute qualité;
- mise à jour régulière des cartes et des observations d'après les priorités en matière d'évaluation des risques;
- nouvelles approches importantes de la communication «en temps réel» de la hauteur d'eau, des données sur la marée et des données actuelles générées et distribuées électroniquement pour les besoins de la navigation, à la fois pour les routes principales et pour les routes secondaires d'urgence. Cela comprendra des approches, indiquées sur les cartes, des ports de service en eau profonde de rechange, notamment dans l'Arctique, dont toutes soutiendront la planification d'un «long voyage».

Les disciplines scientifiques et les domaines de spécialité nécessaires pour que le MPO fournisse cette science comprendront l'hydrographie, l'ingénierie électronique et la cartographie.

5.7 Collaboration et approches scientifiques

La priorité que la société accorde à l'environnement et à sa durabilité, conjugués aux avancées technologiques rapides et aux réalités des changements démographiques et des pressions de développement économique en 2020, influenceront les attentes du public quant à une collaboration holistique, ouverte et transparente parmi ceux à qui il incombe de déterminer les priorités en matière de sciences aquatiques et ceux qui sont responsables de leur mise en application.

Les Canadiens s'attendront à ce que le MPO et ses partenaires élaborent et mettent en œuvre de nouvelles approches de collaboration et de nouvelles compétences dans les domaines suivants :

- systèmes de mesures incitatives institutionnelles afin de stimuler les équipes scientifiques pluridisciplinaires et les multi-organismes de gestion des écosystèmes et la collaboration scientifique entre les organisations à l'intérieur et à l'extérieur du gouvernement, en éliminant les obstacles (p. ex. l'admissibilité au financement, les restrictions de déplacement à des réunions et à des conférences) et en employant des processus administratifs et financiers qui soutiennent les partenariats scientifiques nécessaires;

- examen régulier codifié des rôles et des responsabilités en matière d'eau douce des organismes fédéraux, afin de clarifier les mandats et de s'assurer que des processus efficaces existent afin d'entretenir et d'encourager une collaboration significative;
- compréhension approfondie de la façon d'intégrer un vaste éventail de renseignements et d'élaborer des approches stratégiques coordonnées («approche totale par la politique» – gestion, politique, science);
- suivi systématique pluridisciplinaire et bien remanié des paramètres aquatiques, afin de fournir des bases de référence et des premières indications des répercussions du changement climatique;
- établissement de priorités en matière de science de l'Arctique des organismes gouvernementaux, avec les universités, soutenant les recherches et les programmes d'études supérieures dans ces domaines;
- systèmes de certification pour les processus décisionnels liés à la science (c.-à-d. les approches transparentes et inclusives afin d'examiner les questions et de déterminer des priorités pour leur consacrer des efforts et des fonds). Modèles d'évaluation des risques en matière d'environnement : acquisition de données, gestion et normes d'accessibilité, ainsi que publications approuvées par les collègues;
- capacité à prévoir à long terme, et en toute objectivité, les besoins en matière de sciences et un processus régulier pour adapter les priorités afin de faire correspondre la capacité scientifique aux besoins prévus;
- intégration des connaissances aux sciences sociales et économiques et du savoir écologique traditionnel (en multipliant la participation des Autochtones aux pêches) et à d'autres connaissances scientifiques.

On s'attendra aussi de la science à ce qu'elle continue à comprendre les approches suivantes :

- une science qui est «ouverte» et validée afin d'établir des normes, quels que soient ceux qui la produisent;
- des efforts soutenus afin de démontrer la relation entre les préoccupations en matière de santé humaine et la viabilité et la gestion plus générale de l'écosystème aquatique (ce qui est bon pour le poisson est bon pour les hommes);
- accent sur le bien général commun en science afin de soutenir les projets de rétablissement plutôt qu'un seul accent sur les avantages pour une unique utilisation de ressources;
- ententes institutionnelles qui favorisent la collaboration inter-organisme immédiate et pluridisciplinaire;
- équipes de scientifiques qui sont à la fois flexibles et vives, afin de pouvoir passer d'une priorité à l'autre, en utilisant les sources de financement nécessaires, dont l'utilisation accrue de «centres d'excellence» élaborés en collaboration avec les gouvernements et les établissements universitaires;
- soutien de collaboration de la science des pêches et conseils relatifs aux pêches autochtones (en reconnaissant qu'un grand nombre de sciences aquatiques nécessitent une priorité et un engagement à long terme afin de faire sensiblement progresser la compréhension);
- communication efficace et opportune de renseignements en réponse aux demandes du public, en vertu des lois concernant l'Accès à l'information et protection des renseignements personnels (AIPRP);
- capacité de formuler les besoins et les engagements en matière de sciences aquatiques, dont les besoins de financement, afin d'établir leurs priorités, de les réaliser et de rendre compte de leur progrès et de leur optimisation des ressources.

6.0 Changements qui interviendront dans les sciences aquatiques d'ici 2020

En 2020, les capacités nécessaires en matière de science afin de répondre aux besoins prévus dans le présent document, s'écarteront considérablement des points forts actuels des sciences aquatiques du

Canada. De nouveaux domaines d'excellence scientifique seront exigés et un renforcement de plusieurs activités actuelles sera nécessaire.

Toutefois, il est important de reconnaître que les changements représentent en grande partie des ajouts, et qu'ils ne remplaceront pas la science que pratique aujourd'hui le MPO. La nécessité de données sur les ressources des pêches et l'état de l'habitat ainsi que d'une cartographie hydrographique fiable, continuera à représenter un besoin urgent. Les besoins en matière de recherche pour les espèces de poissons importantes sur le plan économique, la dynamique de la population de poissons, les modèles de l'usage humain, la génétique et la taxonomie, les modèles de contaminants et les modèles de répercussions de développement sur les poissons et leurs habitats, y compris la qualité et la quantité d'eau, continueront à augmenter en importance et en urgence. Il faudra travailler sur un éventail plus large d'espèces (espèces en péril, autres composantes écosystémiques et espèces introduites), les seuils évolutifs essentiels et les systèmes sous stress qui connaissent des fluctuations dramatiques. On ne peut attendre d'instaurer bon nombre des changements nécessaires, car ils seront longs à mobiliser.

Les principaux nouveaux domaines nécessaires à la science d'eau douce comprennent les aspects suivants.

1. Application de nouvelles technologies à la gestion de l'environnement et des ressources en eau douce

Pour appliquer des technologies qui font rapidement surface, il faut d'abord pouvoir les déterminer, afin de les faire correspondre aux défis en matière de science prioritaire. Une fois que l'on a établi que les technologies peuvent «correspondre», il faut alors appliquer l'ensemble optimal de technologies et de techniques au problème à résoudre. Il faut procéder à un investissement stratégique en dirigeant l'élaboration de la technologie de pointe et l'application aux questions et aux possibilités en matière de sciences aquatiques. Il faut aussi que l'expertise nécessaire soit disponible, afin de pouvoir appliquer efficacement cette technologie. Parmi les nouvelles technologies qui semblent offrir une possibilité intéressante à l'application aux besoins de 2020 en matière de sciences aquatiques, citons l'intégration de la technologie de la gestion de l'information (géomatique, traitement de données extrêmement nombreuses); la technologie de pointe de détection à distance (imagerie satellitaire à haute résolution, hydroacoustique et système global de positionnement, GPS); le sonar à faisceaux multiples; les banques de gènes (pour la LEP); les essais génétiques et les biomarqueurs; la nanotechnologie et les techniques moléculaires pour le suivi biologique et l'analyse des tissus.

2. Praticiens qualifiés en matière de ressources en eau douce et de gestion de l'information environnementale

Les nouvelles normes de données, les protocoles de gestion de l'information et la nécessité d'un partage d'information avec les partenaires demanderont une évolution en faveur de praticiens qualifiés dans ces domaines, et ce, afin de suivre le rythme de la croissance des technologies, de la science, des approches novatrices et des besoins de la société, et d'en tirer profit.

3. Intégration des sciences sociales et du savoir écologique traditionnel aux sciences aquatiques

Le milieu de gouvernance inclusif prévu pour 2020 nécessitera une approche holistique des enjeux prédominants en matière d'écosystème aquatique. La grande valeur que l'on accorde à de bonnes données scientifiques sera suivie de près par la valeur que l'on attribue aux contributions des sciences sociales et du savoir écologique traditionnel, quand ils existent. En fait, on considérera largement cette façon de procéder comme une combinaison saine de contributions pertinentes issues de ces trois sources. On donnera une prime aux scientifiques qui peuvent travailler efficacement dans ces domaines et intégrer les points forts de chacun d'eux dans un ensemble systématique. Une compréhension

largement partagée d'une hiérarchie de valeurs, accompagnée des considérations morales qui y sont associées, apportera des changements importants au *statu quo* en effectuant un rapprochement entre les sciences sociales, économiques et aquatiques.

4. Responsabilité du gouvernement et modèles de partenariat

Malgré de nombreuses difficultés, le recours au partenariat afin d'acquérir un savoir sur l'eau douce sera motivé par les besoins et la volonté de collaboration des partenaires, dans le but de remplir leur mandat individuel et collectif. Pour le MPO, cela signifie d'assumer son rôle de gérance à l'égard des Canadiens, afin de conserver et de protéger les ressources de la pêche (c.-à-d. le poisson, la productivité du poisson, les habitats du poisson et les écosystèmes aquatiques, tous reliés, mais ayant comme lien commun le poisson).

Les approches holistiques et inclusives des sciences aquatiques, découlant d'une approche écosystémique de maturation et de modèle de gouvernance participative, comprendront le fonctionnement efficace d'équipes de scientifiques pluridisciplinaires. L'étendue de l'expertise nécessaire pour toute situation donnée pourrait bien concerner plusieurs ministères et compétences du gouvernement. Elle pourrait se rapprocher du milieu universitaire, des organisations à vocation non scientifique, des organisations non gouvernementales de l'environnement (ONGE) et de l'industrie. En clair, il faudra vite faciliter les ententes de partenariat et non les retarder en raison de formalités administratives au sein des différentes organisations concernées et entre elles. Les praticiens de ce domaine devront être experts dans l'art de reconnaître les possibilités de partenariat à valeur ajoutée et posséder l'aptitude et le penchant nécessaires afin de se complaire dans un tel milieu. On aura besoin d'un établissement précoce de partenariat et de modèles de financement et d'administration améliorés (p. ex. les modèles de centre d'excellence, le personnel formé à établir des partenariats et le soutien aux scientifiques pour la présentation de leurs propositions de financement). On aura également besoin de lignes directrices administratives considérablement améliorées pour le financement et la mise en œuvre. Des partenariats et des protocoles interorganismes et multidisciplinaires efficaces optimaliseront les avantages des talents, de la technologie et des ressources financières disponibles.

Malgré la nécessité absolue de disposer de davantage d'ententes administratives dynamiques, le gouvernement (tout comme les partenaires) sera toujours responsable envers ses parties intéressées d'engager des dépenses rentables et de prendre des décisions valables, bien informées pour la gestion des ressources aquatiques. En même temps, les partenariats ne déchargeront pas les gouvernements de la responsabilité des mandats qui leur ont été confiés, et des autres de leurs obligations respectives réglementaires ou contractuelles.

5. Collaboration avec les universités

D'ici 2020, il sera essentiel que les organisations spécialisées dans les sciences aquatiques entretiennent de meilleures relations de travail avec les universités. Une étroite collaboration sera nécessaire afin de veiller à ce que les diplômés qualifiés dans les domaines prioritaires des sciences aquatiques soient disponibles. On aura principalement besoin, entre autres, de praticiens dans les zones émergentes des sciences aquatiques (p. ex. le niveau de système et la haute technologie) et en pénurie, mais dans des domaines essentiels (p. ex. les systèmes de l'Arctique, la taxonomie, la biologie des espèces, la toxicologie et la limnologie) ainsi que les domaines des pêches de base et de la science de l'environnement. Une étroite collaboration afin de s'assurer que la formation nécessaire de jeunes talents, grâce aux programmes d'études supérieures, apportera d'autres avantages. Dans les programmes d'études supérieures, on mettra l'accent sur les zones à problèmes précises des sciences aquatiques, tout en les faisant toujours reposer sur une approche écosystémique et holistique. Les résultats du travail des diplômés contribueront au corps de la science dans des domaines particulièrement stimulants. Les réseaux de recherche coopérative devront soutenir les efforts synergiques réalisés par le

gouvernement et les scientifiques universitaires, afin de produire des conceptions intégrées et une synthèse des études indépendantes.

Il sera important de **renforcer l'activité et l'engagement en faveur des domaines actuels** des sciences aquatiques, comme suit :

1. Conservation de la biodiversité naturelle et de l'approche écosystémique

La science nécessaire à la protection réussie de la biodiversité naturelle et à l'application efficace de l'approche écosystémique de la gestion des pêches et de la gestion de l'environnement en 2020, nécessitera une bien meilleure compréhension que celle qui existe actuellement. Cela s'applique à une suite d'éléments essentiels, dont : 1) la détermination ou la confirmation des indicateurs pour les pêches et la viabilité de l'écosystème aquatique; 2) la conception et la mise en application de systèmes de surveillance afin de suivre ces indicateurs; 3) une technologie et des techniques rentables de collecte de données, qui permettent des flux de données géoréférencées «en temps réel»; 4) une capacité de communication efficace, afin de transmettre rapidement ces données; 5) une gestion rapide de l'information et une capacité en matière de géomatique, afin de traduire «en temps réel» les flux de données en des renseignements utilisables («temps quasi réel»); 6) des scientifiques qualifiés pour effectuer tout cela et pour analyser les renseignements et les réunir en des connaissances utilisables pour les applications en vue d'effectuer un compte rendu rapide de l'état de la ressource ou de l'environnement, pour donner des conseils aux décideurs et pour aider à l'évolution de la science.

2. Utilisation et modèles d'affectation de l'eau

En fin de compte, les sciences aquatiques traitent de l'utilisation de l'eau. La société ayant toujours davantage besoin d'eau fraîche pour des activités essentielles dont le maintien d'écosystèmes aquatiques sains, ce besoin influencera l'exigence en matière d'élaboration et d'entretien de modèles perfectionnés d'affectation de l'eau. Le changement climatique accentue cette urgence. L'égalité et de bonnes données scientifiques constitueront les impératifs de pierre angulaire de ces modèles de prévision et des praticiens savants doivent être disponibles pour les fournir.

3. Espèces en péril

Si l'on s'en tient au premier changement, susmentionné, qui interviendra dans la science, il y aura une forte demande de stratégies scientifiques efficaces afin de fournir un avertissement rapide des espèces qui courent à leur perte. Ensuite, les stratégies qu'il y aura lieu de mettre en application afin d'empêcher de telles espèces d'être menacées ou en danger dépendront de bonnes données scientifiques, y compris l'évaluation des résultats au fil du temps, appuyées d'une prise de décision courageuse. La science nécessaire à la minimisation des répercussions des espèces envahissantes sur les espèces en péril sera également essentielle. L'élaboration et l'exécution de plans de rétablissement scientifiques pour les espèces en péril seront des activités communes. Sachant qu'on manque actuellement d'expertise dans ces domaines, il faut prendre la voie d'un changement dès maintenant.

4. Science de l'Arctique

Étant donné l'expansion rapide des activités de développement qui doivent se produire dans l'Arctique au cours des deux prochaines décennies, il est désormais indispensable de commencer à créer une capacité scientifique élargie afin d'acquérir des renseignements et donner des conseils sur les approches de développement durable dans ce milieu moins productif et plus fragile. Pour l'instant, une capacité de cet ordre est extrêmement limitée. Les gouvernements et le milieu universitaire devront recentrer leurs efforts très bientôt, afin d'éviter le pire.

5. Aquaculture

D'ici 2020, une industrie de l'aquaculture beaucoup plus importante aura adoptée de nouvelles technologies et aura élargi, de façon considérable, son influence possible sur le paysage. La multiplication de l'utilisation des organismes génétiquement modifiés et un nombre croissant d'espèces gardées en culture entraîneront beaucoup plus de demandes en matière de compréhension scientifique concernant la meilleure façon d'encourager le développement de cette industrie, mais en même temps, ils transmettront la confiance selon laquelle le milieu aquatique sera protégé des répercussions potentiellement négatives.

6. Rétablissement des pêches surexploitées

En 2020, les pêches surexploitées constitueront un fait commun, découlant d'années de débits d'eau réduits et de pression acharnée de la pêche. Ces pêches seront concentrées dans des zones urbaines et fortement accessibles, mais elles s'étendront bien au-delà. Reconnaissant que de nombreuses espèces vivent plus de vingt ans, la science de gestion nécessaire à la restauration des pêches si appauvries, demandera des efforts intégrés de la science de la gestion des pêches de base avec la meilleure science sociale et un savoir écologique traditionnel. Cette difficulté nécessitera que les scientifiques et les gestionnaires soient capables de fonctionner efficacement dans des situations souvent délicates sur le plan politique.

7.0 Remerciements

Le contenu du présent document repose sur la contribution importante d'un grand nombre de personnes. Les auteurs sont heureux de saluer le rôle de ces personnes et de leur exprimer leur gratitude pour les idées qu'ils ont partagées et pour l'empressement qu'ils ont manifesté afin de fournir les renseignements. John Cooley et Rosalie Allen ont effectué un examen approfondie du document (ainsi que du contenu), avec Jake Rice, auteur du *Blue Paper*, document homologue sur la marine. L'aide a été initialement fournie par les membres du personnel du MPO des villes suivantes : 1) à Burlington, Vic Cairns, Ken Minns, Susan Doka, Marten Koops, Ron Dermott, Art Niimi, Ora Johannsson, Bob Randall, Nick Mandrak, Tom Johnston, Mohi Munawar, Dennis St. Jacques et Brent Beal; 2) à Sarnia, Peter Thompson et Robbi Jordan; 3) à Winnipeg, Red Clarke, Terry Shortt, Michael Turner, Jack Klaverkamp, Drew Bodaly, Bruce Fallis, Susan Cosens, Bob Fudge, Ross Tallman, Marty Bergmann, Michael Paterson et Bill Franzin; 4) à Sault Ste. Marie, Robert Young, Jerry Weise, Rod McDonald, Tom Pratt, Bill Gardner, Doug Geiling, Lisa O'Connor, Brian Stephens et Mike Steves; et par le personnel de recherche du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario à Peterborough, dont Cheryl Lewis, Nigel Lester, Brian Shuter, Mark Ridgway, John Casselman, Chris Wilson et John Gunn (de Sudbury). Nous avons obtenu d'autres points de vue en effectuant des appels téléphoniques avec Joe O'Connor (du Manitoba), Peter Cronin (du Nouveau-Brunswick), Mike Jones (de la Michigan State University), Jim MacLean, Paul Gray et Dave Maraldo (de l'Ontario), ainsi qu'avec Henry Regier (de la University of Toronto). Nous avons bénéficié de commentaires écrits au cours de différentes étapes entreprises par plusieurs des personnes précitées, ainsi qu'avec Wendy Watson-Wright, Karen Brown (du département de l'Énergie), Joan Kean-Howie, Sharon Ashley, Serge Labonte, John Mills, Susan Nameth et Micheal Goffin (du département de l'Énergie), Howard Powles, Dick Beamish, Helen Joseph, Mike Papst, Mike Stainton, Jean Boulva, Ken Drinkwater, Paul LeBlond, Donna Wales (de l'Ontario), la Division de la gestion de l'habitat du MPO (synthèse des commentaires, y compris ceux de Steve Samis et de Patrice LeBlanc), ainsi que le Conseil consultatif des sciences du MPO.

8.0 Liste de références

Auteur anonyme. *National Research Priorities*. Gouvernement d'Australie. 2002.
www.dest.gov.au/priorities/default.htm

Auteur anonyme. *Science for a Sustainable Future 2002-2007*. UK Natural Environment Research Council, 2002.
www.nerc.ac.uk/publications/strategicplan/

BIGGS, David et J. B. ROBINSON. «Life in 2030: The Sustainability Scenario», dans *Life in 2030*, UBC Press, 1996.

Chambre des communes du Canada. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (ch. 33), 1999.
http://laws.justice.gc.ca/fr/c-15.31/text.html

Chambre des communes du Canada. *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, 1992.
http://laws.justice.gc.ca/fr/C-15.2/26548.html

Chambre des communes du Canada. *Loi constitutionnelle*, 1982.
http://laws.justice.gc.ca/fr/const/annex_f.html

Chambre des communes du Canada. *Loi sur la marine marchande du Canada*, 1985.
http://laws.justice.gc.ca/fr/S-9/text.html

Chambre des communes du Canada. *Loi sur les océans* (ch. 31), 1996.
http://laws.justice.gc.ca/fr/O-2.4/text.html

Chambre des communes du Canada, *Loi sur les pêches*, 1985.
http://laws.justice.gc.ca/fr/F-14/54991.html

Chambre des communes du Canada. *Rapport du Comité permanent des Pêches et des Océans. Rapport sur la pêche en eau douce dans la région centrale du Canada*, novembre 1998.

Comité sénatorial permanent des pêches. *Thèmes choisis sur les pêches en eau douce et les pêches du nord*, Rapport du Comité permanent des pêches, février 2002.

Commission mixte internationale. 11[e] rapport biennal sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. *The Challenge to Restore and Protect the Largest Body of Fresh Water in the World*. ISBN 1-894280-32-6, 2002.

Conseil d'experts en science et en technologie. *Avis scientifiques pour l'efficacité gouvernementale (ASEG)*,1999.
www.csta-cest.ca

Conseil d'experts en science et en technologie. *EPAE – Les employés, pierre angulaire de l'excellence : Le renouvellement des ressources humaines en S-T dans la fonction publique fédérale*, 2002.
www.csta-cest.ca

Conseil d'experts en science et en technologie. *Vers l'excellence en sciences et en technologie (VEST) : Le rôle du gouvernement fédéral en sciences et en technologie*, 1999.

www.csta-cest.ca

CONNOR, Richard. *North America's Freshwater Resources : Emerging Trends and Issues*, Commission de coopération environnementale, 1999.

Environnement Canada. *Accord pour la protection des espèces en péril*, 1996. www.speciesatrisk.gc.ca/sar/strategy/accord_f.htm

Environnement Canada. *Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario), rapport n° 1, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE, 2001.

Environnement Canada. *Stratégie canadienne de la biodiversité*, 1995.
http://www.cciw.ca/eman-temp/reports/publications/rt_biostrat/intro.html

Great Lakes Fishery Commission. *A Joint Strategic Plan for Management of Great Lakes Fisheries*, révision de 1997.
http://www.glfc.org/fishmgmt/sglfmp97.htm

JOHNSON, Murray G. et John M. COOLEY. «25 Years of Research on the Great Lakes 1967-1992», dans *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, n° 1865, 1992.

KELSO, J. R. M., R. F. STEEDMAN, J. M. GUNN, K. E. SMOKOROWSKI, N. P. LESTER, W. G. COLE, C. K. MINNS et K. H. MILLS. «A Framework for the Advancement of Aquatic Science – Lake Habitat Experiments as an Example», dans *Aquatic Ecosystem Health and Management*, vol. 4, 2001 p. 453 à 461.

MINNS, Charles K. *Science for Freshwater Fish Habitat Management in Canada: Current Status and Future Prospects*, dans *Aquatic Ecosystem Health and Management*, vol. 4, 2001 p. 423 à 436.

Ministère des Pêches et des Océans. *Politique de gestion de l'habitat du poisson*, Ottawa,1986.
www.ncr.dfo.ca/habitat/Policy/french/index_f.htm

MONAHAN, David, Hecht HORST, Dave WELLS, Maureen KENNY et Aldino CAMPOS, «Challenges and Opportunities for Hydrography in the New Century», *International Hydrographic Review*., vol. 2, n° 3, 2001.

PAULY, Daniel, V. CHRISTENSEN, S. GUENETTE, T . J. PITCHER, U. R. SUMAILA, C. J. WALTERS, R. WATSON, et D. ZELLER. *Towards sustainability in world fisheries*, dans *Nature* n° 418, 2002 p. 689 à 695.

Pêches et Océans Canada. *Entente de coopération intergouvernementale en matière de pêches et d'aquaculture*, document inédit, 1999.

Pêches et Océans Canada. *Plan stratégique des sciences pour le ministère des Pêches et des Océans : Mettre le cap sur le nouveau millénaire*, 2000.
www.dfo-mpo.gc.ca/science/StrategicPlan/index_f.htm

Pêches et Océans Canada. *Plan stratégique du ministère des Pêches et des Océans : Aller de l'avant avec confiance et crédibilité*, 2000.

Pêches et Océans Canada. *Politique du MPO en matière d'aquaculture*, 2002.
www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/library_f.htm

Pêches et Océans Canada. *Stratégie de développement durable 2001-2003. Accroitre la sensibilisation et la capacité : un plan d'action pour la poursuite du développement durable de 2001 à 2003*, 2001.
www.ncr.dfo.ca/sds-sdd/index_f.htm

Programme des Nations Unies pour l'environnement. *Aperçu de l'environnement mondial-3 (GEO-3)*, 2002.

SCHINDLER, D. W. «The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium», dans Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques, vol. 58, 2001 p.18 à 29.

Vérificateur général du Canada. *Rapport à la Chambre des communes du Commissaire à l'environnement et au développement durable (7 chapitres)*, 2001.
www.oag-bvg.gc.ca/environment

9.0 Annexes

Annexe 1. **Vision et rôles de la science et de la technologie au sein du gouvernement du Canada**

Annexe 2. **Compétence et mandat statuaire**

Annexe 1. Vision et rôles de la science et de la technologie au sein du gouvernement du Canada

VISION DU LEADERSHIP DU GOUVERNEMENT DU CANADA EN MATIÈRE DE SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE : *TRAVAILLER ENSEMBLE AFIN D'ASSURER L'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE ET LE SERVICE À LA POPULATION CANADIENNE*

Afin d'assurer sa place parmi les chefs de file mondiaux en matière d'innovation, d'opportunités et de qualité de vie, le gouvernement du Canada améliorera sa performance dans les domaines de la recherche, du développement et des services scientifiques.

Les efforts du gouvernement fédéral dans le domaine des sciences et de la technologie permettront d'identifier les nouvelles questions d'importance pour la population canadienne et, de se réorienter en fonction des besoins changeants en matière de santé et de sécurité, de sécurité publique, de ressources naturelles et de l'environnement, ainsi que de la croissance de l'économie du savoir.

Les scientifiques fédéraux mobiliseront les ressources scientifiques afin de chercher des solutions novatrices et durables pour relever les défis qui se présenteront et continueront à le faire jusqu'à ce qu'ils trouvent et adoptent ces solutions.

En reconnaissant que le travail d'équipe favorise la créativité et améliore l'utilisation des ressources, le gouvernement intégrera d'une meilleure façon ses activités scientifiques d'un ministère et d'une discipline à l'autre, y compris les sciences naturelles et sociales et l'analyse de politiques. Il mettra également sur pied un plus grand nombre d'équipes de recherche en partenariat avec les universités et l'industrie canadienne, ainsi que les institutions scientifiques étrangères. Il travaillera aussi avec le secteur privé au perfectionnement des connaissances et des technologies dans le meilleur intérêt du public.

La combinaison de ces efforts contribuera de façon constante à l'élaboration de meilleures politiques et à la prestation de services de qualité supérieure dans l'ensemble du gouvernement fédéral.

Le gouvernement attache une grande importance à ses scientifiques, ses ingénieurs et ses technologues exceptionnels, et investira les ressources nécessaires pour les attirer et les soutenir dans l'exercice de leur excellent travail, ainsi que pour assurer leur perfectionnement.

Les scientifiques fédéraux miseront sur leur réputation, notamment d'être les principales sources d'informations plausibles, utiles et de confiance pour la population canadienne, car le peuple canadien valorise les sciences et que les activités scientifiques devraient faire partie de la vie quotidienne d'un pays confiant et prospère.

Rôles du Conseil d'experts en sciences et en technologie pour la science et la technologie

Le Conseil d'experts en sciences et en technologie (CEST) du Canada a défini les quatre rôles suivants pour les activités de science et de technologie que mène le gouvernement :

- soutenir le processus décisionnel, l'élaboration de politiques et de la réglementation, par exemple, l'évaluation des stocks, le changement climatique et le développement durable;

- répondre aux besoins du public en matière de santé, de sécurité, d'environnement ou de défense, par exemple, la protection de l'habitat du poisson et des espèces en voie de disparition ainsi que la surveillance de proliférations d'algues toxiques;

- élaborer et gérer les normes telles que le règlement de différends commerciaux, les aliments génétiquement modifiés et les organismes;

- faciliter le développement économique et social, par exemple le développement de l'aquaculture durable.

Annexe 2. Compétence et mandat statuaire

Les prochaines responsabilités du MPO en matière de sciences aquatiques reposeront toujours sur la législation et les instruments de base qui régissent son mandat actuel. Les voici :

Législation

- Dans le paragraphe 91 (12) de la *Loi constitutionnelle* de 1867 (suivie de la *Loi constitutionnelle* de 1982), on confère au gouvernement les compétences exclusives en matière des pêches intérieures et du littoral. Le gouvernement est responsable de la protection et de la conservation de toutes les pêches.

- Dans la *Loi sur les pêches*, on réglemente la gestion des pêches marines et des pêches d'intérieures, dont la pêche commerciale, la pêche récréative et la pêche des Autochtones au Canada. Dans la *Loi*, on définit aussi les responsabilités en ce qui concerne la protection de l'habitat du poisson et la prévention de la pollution, les prises de pouvoir de l'application et de la réglementation. Au fil des ans, on a beaucoup délégué la gestion de l'administration des pêches aux provinces, par le truchement d'une série d'instruments dont la portée et la formule varient d'une province à l'autre. Le gouvernement fédéral a choisi de garder ses responsabilités en matière de conservation et de protection de l'habitat du poisson, en travaillant en collaboration avec les provinces et les territoires.

- Dans la *Loi sur les océans* du Canada, on confère au MPO la responsabilité générale de la gestion des océans et des activités connexes, et on confie au MPO le mandat d'appliquer une approche écosystémique, l'approche préventive ainsi qu'une planification et une prise de décision intégrée et inclusive.

- En vertu de la *Loi sur la protection des eaux navigables*, de manière générale, tous travaux entrepris dans des eaux navigables doivent au préalable recevoir l'approbation du MPO (Garde côtière) avant la construction, à moins qu'ils ne nuisent pas beaucoup à la navigation.

- Dans la *Loi sur la marine marchande du Canada*, de 2001, notamment dans la partie 8 intitulée Pollution : prévention et intervention, et la partie 10 intitulée Embarcations de plaisance, on aborde les responsabilités du MPO en ce qui concerne la réglementation et l'interdiction du rejet de polluants à partir des embarcations de plaisance.

Dans beaucoup d'autres lois fédérales, on ajoute des responsabilités au mandat du MPO ainsi que des contraintes imposées sur les sciences aquatiques. Parmi les principales, citons :

- la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) : en vertu de cette loi, on doit procéder à une évaluation environnementale des projets avant qu'une autorité fédérale (p. ex. le MPO) ne délivre un permis ou donne une approbation. Dans le *Règlement sur les dispositions législatives et réglementaires désignées de la LCEE*, on définit les approbations statutaires fédérales qui justifient une évaluation environnementale. Dans les articles de la *Loi sur les pêches* et de la *Loi sur la protection des eaux navigables*, on justifie une évaluation environnementale en vertu du *Règlement sur les dispositions législatives et réglementaires désignées de la LCEE*;

- la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) : dans cette loi qui doit entrer en vigueur en 2003, on précise un processus visent à déterminer les espèces à risque de disparition et on attribue au MPO une compétence en matière de poissons de mer, anadromes et certains poissons d'eau douce, ainsi qu'en

matière de mammifères marins, et la responsabilité de veiller à la protection et au rétablissement des espèces énumérées;

- la *Loi sur les produits antiparasitaires;*

- la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) : dans cette loi, on confère un pouvoir au ministre de l'Environnement concernant plusieurs domaines se rapportant à l'eau douce, notamment en ce qui concerne la prévention de la pollution et la viabilité de l'écosystème.

Traités et accords internationaux

À ces lois s'ajoutent un certain nombre de traités et d'instruments internationaux auxquels le Canada souscrit. Certains ont une portée générale et sont larges en matière de répercussions. C'est le cas, entre autres, de la *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer* (UNCLOS), de Action 21 de la *Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement* (CNUED), de la *Convention sur la diversité biologique* et des résolutions du *Colloque international sur le développement durable* (2002). D'autres mettent l'accent sur des régions particulières, comme le *Traité sur le saumon du Pacifique* et la *Convention de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest* (OPANO), ou sur des activités particulières, comme le *Straddling Stocks Treaty* [Traité des stocks chevauchants]. Plusieurs d'entre eux abordent les principales préoccupations liées à l'eau douce, comme la *Convention sur les pêcheries des Grands Lacs* (conclue entre le Canada et les États-Unis), le *Traité canado-américain des eaux limitrophes* et l'*Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*, signé avec les É.-U. Ces accords bilatéraux et multilatéraux ont à leur tour permis la constitution d'un certain nombre de Commissions, comme la Commission des pêcheries des Grands Lacs, la Commission mixte internationale, la Commission du saumon du Pacifique, l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), et beaucoup d'autres. Toutes ces commissions traitent de tâches qui nécessitent le soutien de la science, souvent par l'entremise de leurs propres conseils scientifiques, composés de scientifiques du MPO et d'autres états membres ou d'autres compétences.

Dans l'article 14 de *l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement* (ANACE), on prévoit les communications sur les questions d'application. Toute organisation non gouvernementale, ou toute personne, peut présenter une communication en alléguant qu'une Partie omet d'assurer l'application efficace de sa législation de l'environnement, créant ainsi des pratiques commerciales déloyales. La justification scientifique des décisions d'exécution (soit action, soit inaction) peut, par conséquent, comporter de profondes répercussions en matière de commerce international.

Tous ces instruments et leurs commissions de soutien ont des objectifs fondamentaux identiques, qui consistent à favoriser les utilisations économiques durables des ressources aquatiques et la conservation des écosystèmes aquatiques. L'important, c'est que, comme le souligne le Bureau du vérificateur général dans les recommandations qu'il présente dans le *Rapport de 2001 de la commissaire à l'environnement et au développement durable*, ces instruments renforcent aussi l'exigence d'un soutien solide et continu aux sciences aquatiques du Canada, afin d'atteindre leurs objectifs d'utilisation et de conservation durable.

Relations avec les Autochtones

En plus de ces instruments internationaux, de la législation fédérale et des accords fédéraux-provinciaux, les Autochtones du Canada occupent une place cruciale dans le paysage des sciences aquatiques. Les gouvernements et les Autochtones entretiennent des relations complexes, qui continuent à évoluer par le truchement de voies juridiques et d'autres moyens. Les droits ancestraux ou

issus de traités des peuples autochtones du Canada sont protégés en vertu de la *Loi constitutionnelle* de 1982 et ont été approfondis dans le cadre d'un certain nombre de décisions de la Cour suprême du Canada. Le rôle en évolution des Autochtones, partenaires de la compréhension et de la gestion des systèmes aquatiques et utilisateurs des conseils et des produits scientifiques, contribue aussi à exiger davantage de soutien en matière de science de la part du MPO et de ses partenaires.

Cadre stratégique

Les politiques fédérales et ministérielles complètent le fondement juridique du mandat du MPO et les demandes concernant les sciences aquatiques. Nous avons plus de chances de voir apporter des changements à ces politiques qu'au cadre législatif, mais les changements sont susceptibles d'être adaptatifs et non une dénonciation principale du cours qu'ils exposent. Les principes qui figurent dans le contrat d'union sociale resteront les fondements des relations entre le gouvernement et la société civile. La politique fédérale qui porte sur la gestion des risques, les *Principes et les lignes directrices relatifs aux Avis scientifiques pour l'efficacité gouvernementale* (ASEG) et à l'application d'une approche ou d'un principe de prévention, constitueront toujours le fondement du rôle de la science en matière de gouvernance. La gouvernance sera participative, la science informera et soutiendra.

Orientation stratégique

Le MPO dirige sa planification à moyen terme au sein du cadre juridique et stratégique, avec sa série de plans stratégiques, tels que 1) le *Plan stratégique du ministère des Pêches et des Océans : Aller de l'avant avec confiance et crédibilité* de 2000; 2) le *Plan stratégique des sciences pour le ministère des Pêches et des Océans : Mettre le cap sur le nouveau millénaire*; 3) la *Stratégie de développement durable 2001-2003 du ministère des Pêches et des Océans, Accroitre la sensibilisation et la capacité : un plan d'action pour la poursuite du développement durable de 2001 à 2003*. Ces plans connaissent une révision importante au moins deux fois tous les dix ans. Donc, ils en diront beaucoup moins au sujet des attentes en matière de sciences aquatiques dans 20 ans. Toutefois, les principales politiques du Ministère sont plus durables. Prenons par exemple la *Politique de gestion de l'habitat du ministère des Pêches et des Océans*, de 1986. Une fois mises en œuvre, les principales révisions des pêches de l'Atlantique et du Pacifique (*Révision de la politique sur les pêches de l'Atlantique, Politique concernant le saumon sauvage, Nouvelles directives pour les pêches du Pacifique*) peuvent exposer la nature des pêches et donc les besoins en matière de renseignements et de conseils sur la science, pour plusieurs années à venir. Il peut en être de même pour les responsabilités et les demandes de science en matière de systèmes d'eau douce, dans l'ébauche de la *Stratégie nationale sur les pêches en eaux douces*, de 2002. On aborde actuellement certains autres domaines d'importance dans le Ministère à l'aide de documents stratégiques tels que la *Stratégie des pêches autochtones* et la *Stratégie aquicole*, qui peuvent évoluer, au fil du temps, en des politiques plus officielles. Toutefois, à toutes ces étapes, ces domaines exigent aussi un soutien important en matière de science pour l'élaboration du programme, le développement de l'industrie et la prise de décision.

Accords intergouvernementaux du Canada

Le gouvernement du Canada et le MPO travaillent avec d'autres paliers gouvernementaux afin de réaliser leurs mandats, en officialisant parfois ces ententes en des accords intergouvernementaux, qui se traduisent aussi en engagements à consacrer des efforts au programme des sciences aquatiques. Parmi les exemples qui illustrent ces ententes, citons *l'Entente concernant la coopération intergouvernementale en matière de pêche et d'aquaculture*, de 1999, l'ébauche de la *Stratégie nationale sur les pêches en eaux douces*, de 2002 ainsi que des accords bilatéraux sur différents thèmes, conclu avec l'Alberta, la Colombie-Britannique, le Nouveau-Brunswick, l'Ontario et le Yukon. La situation particulière des Conseils de gestion de la faune du Nord représente toutefois un autre aspect de la gestion et de la conservation des ressources aquatiques du Canada, ainsi qu'un autre domaine dans

lequel les sciences aquatiques ont un rôle nécessaire à jouer dans la prestation de renseignements et de conseils. Pour citer un autre exemple, dans *l'Accord Canada-Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs* (ACO) de 2002, on soutient les engagements nationaux définis en vertu de *l'Accord canado-américain relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*. Le MPO, ainsi qu'Environnement Canada et les organismes provinciaux, ont pris des engagements précis (qui nécessitent un soutien des sciences aquatiques), visant à contribuer à atteindre les objectifs, les résultats et les réalisations attendues de l'ACO.